PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 20. 15. Oktober 1913. Redaktionsschluß für No. 21 am 18. Oktober 1913. 14. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:

J. Stark, Vergleich der Resultate der elektromagnetischen und der spektralen Analyse der Kanalstrahlen. S. 961.

J. Stark, Über die mehrfache positive Ladung chemischer Atome. S. 965.

J. R. Partington, Eine Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen der Luft und Kohlensäure sowie eine Berechnung der spezifischen Wärmen mittels der Berthelotschen Zustandsgleichung. S. 969.

C. Zaiß, Lichtstarker Spektrograph für das sichtbare Gebiet. S. 973.

R. Zsigmondy, Über ein neues Ultramikroskop. S. 975.

W. Kreide, Untersuchungen über die Brechungskoeffizienten einiger flüssiger Kristalle. S. 979.

V. Schaffers, Die Glimmentladung in zylindrischen Feldern bei Atmosphärendruck. S. 981.

S. Mohorovičić, Beitrag zur nichteuklidischen Interpretation der Relativtheorie. S. 988.

M. Behacker, Der freie Fall und die Planetenbewegung in Nordströms Gravitationstheorie. S. 989.

J. Laub, Über einige Beobachtungen an sekundären Röntgenstrahlen. S. 992.

M. de Broglie, Über die Streifen der Diffraktionsmaxima in den Interferenzdiagrammen der Röntgenstrahlen. S. 994.

E. Hupka, Die Streifungen im Interferenzbild der Röntgenstrahlen. S. 995.

P. Knipping, Durchgang von Röntgenstrahlen durch Metalle. Bemerkung zur Veröffentlichung des Herrn Hupka. S. 996.

E. S. Johansen, Notiz über die Konstruktion empfindlicher Thermosäulen. S. 998.

F. Diestelmeier, Fluoreszenz der Elemente in der sechsten Gruppe des periodischen Systems. S. 1000.

B. Walter, Bemerkungen zu der Abhandlung des Herrn O. Geschöser: Die Erzeugung von Kathodenstrahlen in Luft von Atmosphärendruck. S. 1001.

O. Geschöser, Erwiderung. S. 1001.

H. Kayser u. P. Eversheim, Das physikalische Institut der Universität Bonn. S. 1001.

Besprechungen:

F. Pollitzer, Die Berechnung chemischer Affinitäten nach dem Nernstschen Wärmetheorem. S. 1008.

E. Müller, Elektrochemisches Praktikum. S. 1009.

G. Urbain, Einführung in die Spektrochemie. S. 1009.

M. Laue, Das Relativitätsprinzip. S. 1009.

A. Müller, Das Problem des absoluten Raumes und seine Beziehung zum allgemeinen Raumproblem. S. 1010.

H. Weber u. J. Wellstein, Enzyklopädie der Elementar-Mathematik. III 2. S. 1010.

H. E. Timerding, Die Fallgesetze. S. 1011.

P. Meth, Theorie der Planetenbewegung. S. 1011.

A. R. Forsyth, Lehrbuch der Differentialgleichungen. Mit den Auflösungen der Aufgaben von H. Maser. S. 1011.

L. Lewent, Konforme Abbildung. S. 1011.

V. Bjerknes, Dynamische Meteorologie und Hydrographie. I. II. S. 1012.

Jahrbuch der Naturwissenschaften. XXVII u. XXVIII. S. 1012.

Berichtigung. S. 1013.

Tagesereignisse. S. 1013.

Personalien. S. 1013.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1913/14. S. 1013.

Gesuche. S. 1032.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Vergleich der Resultate der elektromagnetischen und der spektralen Analyse der Kanalstrahlen.

Von J. Stark.

§ 1. Problem. — Wie sich aus einer Reihe von Untersuchungen ergeben hat, läßt sich aus der Beobachtung der bewegten Streifen von Spektrallinien der Kanalstrahlen, insonderheit auf Grund des Vergleichs der Kanalstrahlenbilder verschiedener Serienlinien, ein Schluß auf die Träger der Serienlinien ziehen. Andererseits läßt sich die spez. Ladung (e/m) der positiven Kanalstrahlen in der bekannten Weise aus der Messung der magnetischen und elektrischen Ablenkung ermitteln. Nun liegt auf der Hand, daß für den Zweck der Ermittlung der spez. Ladung die elektromagnetische Analyse der spektralen Analyse der Kanalstrahlen weit überlegen ist. Man darf indessen die spektrale Analyse nicht für überflüssig erklären; ihre Aufgabe ist eine andere oder umfassendere als diejenige der elektromagnetischen Analyse. Sie beschränkt sich nämlich nicht wie diese auf die Ermittlung der spez. Ladung von Kanalstrahlen, sondern sie sieht ihre Hauptaufgabe in der Zuordnung der Linienspektra eines Elements zu bestimmten Trägern, z. B. zum neutralen Atom, zum ein-, zwei- oder dreiwertigen Atomion. Ist diese Aufgabe einmal für ein chemisches Element gelöst, so kann das gewonnene Resultat sofort auf die spektrale Analyse anderer Erscheinungen angewendet werden, welche der elektromagnetischen Strahlenanalyse unzugänglich sind, so auf den Nachweis verschiedener Atomionen eines Elements in der negativen Schicht des Glimmstroms oder im oszillatorischen Funken.

Wenn nun auch die beiden Methoden verschiedene Ziele verfolgen, so liefert doch auch die spektrale Analyse zunächst bestimmte Aussagen über das Auftreten positiver Atomionen eines chemischen Elements, dessen Vorkommen in den Kanalstrahlen sie leicht und mit Sicherheit an seinen charakteristischen Spektrallinien feststellen kann. Darum ist die Frage berechtigt, ob die beiden Methoden übereinstimmende Resultate ergeben und aus welchem Grunde die

eine Methode unter Umständen mehr Ausbeute als die andere ergibt. Und gerade die Antwort auf diese zweite Frage wird für die Erkenntnis der Anwendungsbereiche der zwei Methoden lehrreich sein. Nachdem bereits mehrere Elemente nach beiden Methoden untersucht worden sind, ist vielleicht der Zeitpunkt für einen Vergleich dieser Art nicht zu früh gewählt.

§ 2. Empfindlichkeit und Versuchsbedingungen der elektromagnetischen Analyse. — H. v. Dechend und W. Hammer[1]) haben die elektromagnetisch zerlegten Kanalstrahlen auf einen Fluoreszenzschirm fallen lassen und die auf diesem erzeugten Kurven mit Hilfe eines Objektivs photographiert. So schön und wertvoll die von ihnen gewonnenen Bilder sind, so erfordert dieses Verfahren doch wegen seiner Unempfindlichkeit lange Belichtungszeiten und wird in diesem Punkt zweifellos übertroffen von dem von J. Koenigsberger und J. J. Thomson angewandten Verfahren, die zerlegten Kanalstrahlen direkt auf eine photographische Schicht auffallen zu lassen. Vor allem hat J. J. Thomson nach dieser Methode sehr schöne Photogramme und eine große Anzahl wertvoller Beobachtungen gewonnen. Indem er neben der photographischen Wirkung der positiven Strahlen zu deren Nachweis auch die Messung ihrer sekundlichen positiven Ladung[2]) benutzte, konnte er nachweisen, daß die photographische Methode für Strahlen verschiedener Masse sehr verschieden empfindlich ist, insofern bei gleicher Strahlenzahl die photographische Wirkung der leichten Strahlen sehr viel größer ist als diejenige der schwereren.

Es liegt auf der Hand, daß die Leistungen der elektromagnetischen Analyse, ebenso wie die jeder anderen physikalischen Methode, durch das Maß ihrer Empfindlichkeit begrenzt werden; ist unter bestimmten Versuchsbedingungen die Zahl einer Strahlenart sehr gering, oder ist bei relativ großer Zahl ihre zum Nachweis dienende, z. B. photographische Wirkung sehr klein, so werden sie sich der Beobachtung entziehen. Findet demnach ein Beobachter mehr Strahlenarten positiver Atomionen als ein anderer Beobachter für dasselbe Element, so wäre es unrecht, ohne weiteres vermuten zu wollen, daß das weitergehende Resultat des zweiten Beobachters auf einem Irrtum beruhe. Hierfür gibt es mehrere Beispiele.

So haben J. J. Thomson[3]), E. Gehrcke und O. Reichenheim[4]), J. Koenigsberger und J. Kutschewski[1]) an *He*-Kanalstrahlen nur das positive *He*-Atomion nachweisen können. J. J. Thomson[2]) dagegen hat außerdem noch positiv zweiwertige *He*-Strahlen aufgefunden.

Während J. Koenigsberger und J. Kutschewski[3]) angeben, daß Argon sehr schwer in den Kanalstrahlen zu erhalten sei, gelingt J. J. Thomson[4]) der Nachweis positiv ein-, zwei- und dreiwertiger *Ar*-Atomionstrahlen.

Besonders lehrreich ist in der angegebenen Hinsicht der Fall des Quecksilbers. Nachdem mehrere Autoren betont hatten, daß sie mittels der elektromagnetischen Analyse keine positiven *Hg*-Kanalstrahlen hätten nachweisen können, fanden bald darauf H. v. Dechend und W. Hammer[5]) positiv einwertige *Hg*-Strahlen, J. J. Thomson[6]) ein- und zweiwertige *Hg*-Strahlen, während er das Auftreten positiv dreiwertiger *Hg*-Strahlen zunächst als zweifelhaft bezeichnen mußte. Später aber gelang es Thomson[7]), nicht bloß positiv dreiwertige, sondern sogar noch vier-, fünf-, sechs- und siebenwertige *Hg*-Kanalstrahlen zu machen und nachzuweisen.

Der ungleiche Erfolg verschiedener Beobachter erklärt sich nur zum Teil aus der Unempfindlichkeit der photographisch-elektromagnetischen Analyse, zum übrigen Teil wohl aus der Verschiedenheit der Versuchsbedingungen. Es kommen hierfür vor allem der Gasdruck und der Abstand der Kathode von der Anode oder die Länge des Dunkelraums in Betracht. In einer Hinsicht stimmen freilich die Versuchsbedingungen notwendig überein. Um nämlich scharf begrenzte schmale Kanalstrahlenbündel zu erhalten oder die Zerstreuung stark zurückzudrängen, ferner um die Störung durch die Umladung (Elektronisierung, Ionisierung) auf dem Wege in dem elektromagnetischen Feld auszuschalten, ist es notwendig, daß die Zahl der Zusammenstöße der Kanalstrahlen mit ruhenden Gasmolekülen hinter der Kathode möglichst verringert wird, indem hier der Gasdruck so klein wie möglich gemacht wird. Immerhin wird aber von Fall zu Fall der Einfluß der Zusammenstöße hinter der Kathode doch verschieden stark gewesen sein, nicht allein infolge Verschiedenheit des Gasdrucks, sondern auch der Art des Restgases. Die gleiche Verschiedenheit war dann natürlich auch und vielleicht sogar in

1) H. v. Dechend u. W. Hammer, Ber. Heidelb. Akad. 1910, 21. Abh.
2) J. J. Thomson, Phil. Mag. **24**, 209, 1912.
3) J. J. Thomson, Phil. Mag. 13, 561, 1907.
4) E. Gehrcke u. O. Reichenheim, Verh. d. D. Phys. Ges. **12**, 414, 1910.

1) J. Koenigsberger u. J. Kutschewski, Ber. Heidelb. Akad. 1911, 8. Abh.
2) J. J. Thomson, Phil. Mag. **21**, 239, 1911.
3) J. Koenigsberger u. J. Kutschewski, Ber. Heidelb. Akad. 1911, 8. Abh.
4) J. J. Thomson, Phil. Mag. **24**, 668, 1912.
5) H. v. Dechend u. W. Hammer, Ber. Heidelb. Akad. 1910, 21. Abh.
6) J. J. Thomson, Phil. Mag. **21**, 239, 1911.
7) J. J. Thomson, Phil. Mag. **24**, 668, 1912.

größerem Maße vor der Kathode wirksam, da ja die Räume vor und hinter der Kathode in Verbindung standen. Aus diesem Grunde war auch vor der Kathode in allen diesen Beobachtungen der Gasdruck sehr klein, die Zahl der Zusammenstöße der Kanalstrahlen mit Gasmolekülen vor der Kathode also ebenfalls sehr verringert. Diese Versuchsbedingung — geringe Zahl der Zusammenstöße der Kanalstrahlen vor und hinter der Kathode — ist wichtig für den Vergleich der Resultate der elektromagnetischen Analyse mit denjenigen der spektralen Analyse.

§ 3. Versuchsbedingung und Anwendungsbereich der spektralen Analyse. — Während man bei der elektromagnetischen Analyse der Kanalstrahlen den Gasdruck in der Stromröhre so klein zu wählen hat, daß möglichst wenige Zusammenstöße stattfinden, daß also die Kanalstrahlen auf ihrem Wege im Gas keine merkliche oder nur eine sehr schwache Lichtemission ergeben, will man umgekehrt bei der spektralen Analyse eine möglichst intensive Lichtemission durch die Kanalstrahlen infolge von Zusammenstößen mit Gasmolekülen auf ihrem Wege haben. Freilich dürfen die Zusammenstöße nicht derartig sein, daß sie Unordnung in ein Kanalstrahlenbündel hineinbringen, indem sie die Kanalstrahlen seitlich zerstreuen[1]); auch sollen sie ihre Geschwindigkeit nur wenig verkleinern, im Idealfall, ihnen nur ebensoviel kinetische Energie nehmen, als optische Energie von ihnen ausgestrahlt wird. Diese Forderungen werden am besten dadurch erfüllt, daß man die Kanalstrahlen eines Elements in einem wenig zerstreuenden Gas, etwa in Helium verlaufen läßt; man erhält dann gut entwickelte, charakteristische Kanalstrahlenbilder ihrer Spektrallinien. Die wesentliche Versuchsbedingung, unter welcher die hier in Betracht kommenden Resultate der spektralen Analyse erhalten wurden, ist demnach eine große Zahl wenig zerstreuender und dämpfender Zusammenstöße der Kanalstrahlen mit Gasmolekülen hinter und vor der Kathode.

Wie weiter unten näher dargelegt wird, sind Zusammenstöße der Kanalstrahlen bei hinreichender Geschwindigkeit günstig für die Schaffung und Existenz von hoch- und niederwertigen positiven Strahlen. Wenn nun auch aus diesem Grunde die spektrale Analyse für den Nachweis hochwertiger positiver Strahlen besonders geeignet erscheint, so schränkt ein andrer Umstand ihren Anwendungsbereich doch erheblich ein. Voraussetzung ihrer Anwendung ist ja, daß das nachzuweisende Atomion in dem Leistungsbereich des verwendeten Spektrographen eine hinreichend intensive Spektrallinie besitzt. Dies kann zufällig der Fall sein oder auch nicht. Dieser Punkt hat mir bei meinen spektralen Untersuchungen manche Sorge gemacht und mich in mehreren Fällen genötigt, zur Unterstützung der von meinem vorzüglichen Glasspektrographen gelieferten Resultate Beobachtungen im Ultraviolett mit Hilfe eines weniger guten Quarzspektrographen anzustellen.

§ 4. Übereinstimmende und abweichende Resultate der zwei Methoden. — W. Wiens bahnbrechende elektromagnetische Untersuchungen über die Wasserstoffkanalstrahlen haben von Anfang an nur positiv einwertige *H*-Atomionstrahlen ergeben. Soviel diese Strahlen auch von anderer Seite untersucht wurden, dieses Resultat erfuhr immer Bestätigung; niemals wurden bis jetzt höherwertige positive *H*-Atomionstrahlen aufgefunden. Das gleiche Resultat hat die spektrale Analyse der Kanalstrahlen ergeben.

Für Helium ließen sich sowohl mittels der elektromagnetischen (J. J. Thomson) wie mittels der spektralen[1]) Analyse positiv ein- und zweiwertige *He*-Atomionstrahlen nachweisen.

Die spektrale Untersuchung der Argon-Kanalstrahlen führte zum Nachweis positiv ein-, zwei- und dreiwertiger *Ar*-Atomionstrahlen. Als ich diese Folgerung aus den Beobachtungen zog, war mir nur die oben erwähnte negative Angabe von Koenigsberger und Kutschewski über *Ar*-Kanalstrahlen bekannt und erst nach vielem Zögern entschloß ich mich zur Bekanntgabe[2]) meines positiven Resultats. Mit großer Befriedigung las ich darum die wichtige Mitteilung[3]) Thomsons, die mir entgangen war, daß er mit Hilfe der elektromagnetischen Analyse positiv ein-, zwei- und dreiwertige *Ar*-Atomionstrahlen nachweisen konnte.

Die spektrale Untersuchung der *Hg*-Kanalstrahlen hatte schon frühzeitig[4]) das Vorkommen von positiv ein-, zwei- und dreiwertigen *Hg*-Strahlen wenigstens wahrscheinlich gemacht. J. J. Thomson (vgl. oben) fand dann auf elektromagnetischem Wege zunächst die ein-, zwei- und dreiwertigen *Hg*-Strahlen und in neuester Zeit sogar vier-, fünf-, sechs- und siebenwertige *Hg*-Strahlen. In diesem Falle bleibt die spektrale Methode

1) J. Stark u. H. Kirschbaum, diese Zeitschr. **14**, 433, 1913.

1) J. Stark, A. Fischer u. H. Kirschbaum, Ann. d. Phys. **40**, 499, 1913.

2) J. Stark u. H. Kirschbaum, Ber. d. Münch. Akad. 1913, S. 331.

3) J. J. Thomson, Phil. Mag. **24**, 668, 1912.

4) J. Stark, W. Hermann u. S. Kinoshita, Ann. d. Phys. **21**, 461, 1906.

zum ersten Male hinter der elektromagnetischen zurück. Sie konnte nämlich in einer neuen Untersuchung[1]) das frühere Resultat bestätigen und wohl auch noch das Vorkommen von positiv vierwertigen *Hg*-Strahlen zeigen, aber vier-, fünf-, sechs- und siebenwertige *Hg*-Linien vermochte sie bis jetzt noch nicht nachzuweisen.

Bei Sauerstoff[2]) ist das Vorkommen von positiv ein- und zweiwertigen Atomionstrahlen nach der spektralen Methode sichergestellt, das Vorkommen von dreiwertigen Strahlen wenigstens wahrscheinlich gemacht. Die elektromagnetische Analyse hat nach W. Wien[3]), E. Gehrcke und O. Reichenheim[4]) positiv einwertige, nach J. J. Thomson[5]) ebenfalls ein- und zweiwertige *O*-Atomionstrahlen ergeben, doch fehlt bis jetzt der Nachweis dreiwertiger *O*-Strahlen nach dieser Methode.

Ähnlich steht es bei Schwefel. Von R. Künzer wurde im hiesigen Physikalischen Institut das Vorkommen[6]) von positiv ein-, zwei- und dreiwertigen *S*-Strahlen auf spektralanalytischem Wege nachgewiesen. Dagegen hat die elektromagnetische Analyse von *S*-Kanalstrahlen durch H. v. Dechend und W. Hammer[7]) bis jetzt keine positiv ein- oder mehrwertigen *S*-Strahlen zu fassen vermocht.

Für Chlor hat J. J. Thomson[8]) das Vorkommen von positiv ein- und zweiwertigen *Cl*-Strahlen nachgewiesen. R. Künzer[6]) hat im hiesigen Physikalischen Institut nach der spektralen Methode ebenfalls positiv ein- und zweiwertige *Cl*-Strahlen festgestellt und das Vorkommen von positiv dreiwertigen *Cl*-Strahlen wahrscheinlich gemacht.

Aus den elektromagnetischen Beobachtungen von W. Wien[9]) geht hervor, daß Jod positiv einwertige Atomionen in den Kanalstrahlen bildet. Nach spektralen Beobachtungen[10]) von mir kommen außer einwertigen *J*-Strahlen mindestens noch zweiwertige *J*-Strahlen vor.

Für Kohlenstoff ist von H. v. Dechend und W. Hammer[1]) und J. J. Thomson[2]) das Auftreten ein- und zweiwertiger *C*-Strahlen auf elektromagnetischem Wege, von G. Wendt[3]) im hiesigen Institut das Vorkommen von ein- und zweiwertigen *C*-Strahlen spektralanalytisch nachgewiesen worden.

Bei Stickstoff hat W. Wien[4]) positiv einwertige, J. J. Thomson zunächst[5]) nur ein- und zweiwertige *N*-Strahlen festgestellt, später[6]) aber ist Thomson auch der Nachweis von dreiwertigen *N*-Strahlen gelungen. In Fortsetzung der Untersuchung von W. Hermann[7]) konnte ich auf spektralem Wege das Vorkommen[8]) von ein-, zwei- und dreiwertigen *N*-Strahlen außer Zweifel setzen.

Übereinstimmung in den Resultaten der zwei besprochenen Methoden ist darum vorhanden für einwertige Strahlen von *H*, *He*, *C*, *N*, *O*, *Cl*, *Ar*, *J*, *Hg*, für zweiwertige Strahlen von *He*, *C*, *N*, *O*, *Cl*, *Ar*, *Hg*, für dreiwertige Strahlen von *Ar*, *Hg* und *N*, für vierwertige *Hg*-Strahlen. Ein positives Resultat nach der spektralen, jedoch bisher noch nicht nach der elektromagnetischen Methode liegt vor für zweiwertige *S*- und *J*-Strahlen und für dreiwertige *O*-, *S*- und *Cl*-Strahlen; die fünf-, sechs- und siebenwertigen *Hg*-Strahlen[8]) hat bis jetzt erst die elektromagnetische Methode nachzuweisen gestattet.

Abgesehen vom Falle des Quecksilbers hat sich darum die spektrale Methode hinsichtlich des Nachweises höherwertiger Atomionstrahlen der elektromagnetischen Methode überlegen erwiesen. Der Grund hierfür dürfte in der Verschiedenheit der Versuchsbedingungen zu suchen sein, unter welchen die beiden Methoden zu arbeiten gezwungen sind. Bei Anwendung der spektralen Methode muß ja die Zahl der Zusammenstöße der Kanalstrahlen sowohl während ihrer Beschleunigung vor der Kathode, wie auf ihrem Wege hinter der Kathode sehr viel größer sein, als bei Anwendung der elektromagnetischen Methode. Nun bewirken, wie ich an anderer Stelle[9]) ausführlich dargelegt habe, die Kanalstrahlen an sich Selbstionisierung bei Zusammenstößen, es verwandeln sich hierbei niederwertige Strahlen in höherwertige sowohl vor wie hinter der Kathode. Unter der Versuchsbedin-

1) J. Stark, G. Wendt, H. Kirschbaum u. R. Künzer, Ann. d. Phys. 1913.
2) J. Stark, G. Wendt u. H. Kirschbaum, diese Zeitschr. **14**, 770, 1913.
3) W. Wien, diese Zeitschr. **11**, 377, 1910; Ann. d. Phys. **33**, 871, 1910.
4) E. Gehrcke u. O. Reichenheim, Verh. d. D. Phys. Ges. **12**, 414, 1910.
5) J. J. Thomson, Jahrb. d. Rad. u. El. **8**, 226, 1911.
6) Die Veröffentlichung der Beobachtungen steht bevor.
7) H. v. Dechend u. W. Hammer, Zeitschr. f. Elektrochem. 1911, S. 235.
8) J. J. Thomson, Jahrb. d. Rad. u. El. **8**, 226, 1911.
9) W. Wien, diese Zeitschr. **11**, 377, 1910; Ann. d. Phys. **33**, 871, 1910.
10) Die Veröffentlichung der Beobachtungen steht bevor.

1) H. v. Dechend u. W. Hammer, Ber. Heidelb. Akad. 1910, 21. Abh.
2) J. J. Thomson, Jahrb. d. Rad. u. El. **8**, 197, 226, 1911.
3) Siehe Note 6 auf voriger Spalte.
4) Siehe Note 9 auf voriger Spalte.
5) J. J. Thomson, Jahrb. d. Rad. u. El. **8**, 226, 1911.
6) J. J. Thomson, Phil. Mag. **24**, 668, 1912.
7) W. Hermann, diese Zeitschr. **7**, 567, 1906.
8) Nach meinen Erfahrungen dürfte ihr Nachweis auf spektralanalytischem Wege große Schwierigkeiten bieten.
9) J. Stark, diese Zeitschr. **14**, 768, 1913.

gung der spektralen Methode ist darum die Chance für die Bildung höherwertiger Strahlen sehr viel größer als unter der Versuchsbedingung der elektromagnetischen Methode. Diese Chance ist außerdem für Strahlen großer Masse, wie Hg-Strahlen, dank der größeren Zahl der Zusammenstöße infolge der größeren Masse auch im Falle der elektromagnetischen Methode größer als für Strahlen kleinen Atomgewichts.

Von diesem Standpunkt aus erkennt man auch, welche Versuchsanordnung die elektromagnetische Methode zu treffen hat, um den Anteil der hochwertigen Atomionen im Kanalstrahlenbündel zu vergrößern. Sie muß sich dabei der zuerst von W. Wien[1]) angegebenen Methode der verschiedenen Gasdrucke in den Räumen vor und hinter der Kathode bedienen. Hinter der Kathode muß der Gasdruck so klein als möglich sein, um eine scharfe Zerlegung eines dünnen Strahlenbündels zu ermöglichen. Vor der Kathode dagegen soll er beträchtlich größer sein, um die anlaufenden Strahlen zu weitgehender Selbstionisierung zu bringen; doch sollen die Zusammenstöße vor der Kathode wenig dämpfen und zerstreuen. Es empfiehlt sich darum, hier die Atome des zu untersuchenden Elements einem wenig zerstreuenden Gas (H_2, He, H_2O) von relativ hohem Druck beizumischen und die Kathodenröhre, durch welche die Kanalstrahlen aus dem Raum vor der Kathode in den Raum dahinter laufen, sehr eng zu wählen, um eine große Druckdifferenz zwischen den zwei Räumen herstellen zu können.

1) W. Wien, Ann. d. Phys. **30**, 349, 1909.

Aachen, Physik. Institut d. Technischen Hochschule, 10. August 1913.

(Eingegangen 14. August 1913.)

Über die mehrfache positive Ladung chemischer Atome.

Von J. Stark.

§ 1. Problem. — Das negative Elektron ist ein gemeinsamer Bestandteil aller chemischen Elemente; durch Abtrennung eines negativen Elektrons erhält der Atomrest eine positive Ladung; die positive Elektrizität kann nicht für sich allein mit der Masse eines Elektrons von einem Atom abgetrennt werden, ohne daß dieses zerfällt. Diese Erkenntnisse sind heutzutage wohl ziemlich allgemein anerkannt.

Dies vorausgesetzt, erhob sich die Frage, ob von einem und demselben Atom eines chemischen Elements mehr negative Elektronen als eins abgetrennt werden können, ob also das Atom eines chemischen Elements auch eine mehrfache positive Ladung anzunehmen vermag. In dieser allgemeinen Fassung erfuhr die Frage zunächst durch die Untersuchung von Gasionen eine vorläufige Antwort, indem von J. S. Townsend[1]), J. Franck und W. Westphal[2]) festgestellt wurde, daß jedenfalls ein kleiner Bruchteil der in Luft durch Röntgenstrahlen erzeugten positiven Gasionen die doppelte Ladung des Elementarquantums besitzt. Auch war ja schon längst bekannt, daß gewisse Elemente als Komponenten von Verbindungen in Elektrolyten zweifach oder dreifach positiv geladen auftreten können, eine Erscheinung, welche sich nach den über das Elektron gewonnenen Erscheinungen aus der Abgabe zweier oder dreier negativer Elektronen von seiten der metallischen Komponente an die metalloidale Komponente im Elektrolyt erklärt.

In beiden Fällen indes, bei den Gasionen und bei den elektrolytischen Ionen, tritt nicht das Atom für sich allein mit einer positiven Ladung ins Spiel; vielmehr sind in beiden Fällen nach dem heutigen Stand der Forschung neutrale Moleküle in einer gewissen Art chemischer Bindung an das positiv geladene Atom als Kern angelagert. Man kann darum allein auf Grund dieser Erscheinungen zweifeln, ob ein Atom mit einer positiven Ladung für sich allein existieren kann, ob für das Auftreten einer ein- oder mehrfachen Ladung an ihm nicht vielleicht die Mitwirkung anderer Atome notwendig ist.

Die Untersuchung der Kanalstrahlen hat auf diese Fragen eine bestimmte Antwort erteilen lassen. Wie sich nämlich aus ihr ergab, vermag ein chemisches Atom für sich allein mit einer positiven Ladung als positiver Strahl zu existieren; ferner wurden durch die elektromagnetische und die spektrale Analyse in einer Reihe von Fällen mehrfach positiv geladene Atomionstrahlen nachgewiesen.

Nach Erledigung dieser wichtigen allgemeinen Fragen über die Schaffung positiver Ladungen an chemischen Atomen durch die Abtrennung negativer Elektronen kann ein Schritt in der Erforschung der Elektrizität im chemischen Atom weiter gemacht werden. Es kann nämlich der Vorgang der Schaffung einer mehrfachen positiven Atomladung zergliedert und gefragt werden, ob die mehrfache Ionisierung eines Atoms außer in aufeinanderfolgenden Stufen auch in einer gleichzeitigen Abtrennung mehrerer negativer Elektronen erfolgen kann.

1) J. S. Townsend, Proc. Roy. Soc. **81**, 464, 1908; Phil. Mag. **22**, 204, 1911.

2) J. Franck und W. Westphal, Verh. d. D. Phys. Ges. **11**, 146, 276, 1909; Phil. Mag. **22**, 547, 1911.

Nachdem in einer Reihe von spektralen Untersuchungen über Kanalstrahlen festgestellt ist, daß ein jedes positive Atomion eines Elements seine eigenen charakteristischen Spektrallinien besitzt, können wir deren Auftreten als Kennzeichen für das Vorkommen der ihnen zugeordneten positiv ein- oder mehrwertigen Atomionen benutzen. Und soweit die Abtrennung negativer Elektronen und die dadurch bedingte Schaffung positiver Atomionen mit der Emission von deren Spektrallinien verbunden ist, kann die spektralanalytische Methode als ein bequemes und sicheres Mittel zum Studium jenes Vorkommens dienen.

Wenn wir in dieser Weise eine Reihe von Fällen untersucht haben, in denen durch den Stoß eines Kathodenstrahls oder eines Kanalstrahls von einem Atom oder von dem stoßenden Atomstrahl selbst negative Elektronen abgetrennt werden, können wir auch mit mehr Sicherheit an die Frage herantreten, inwieweit und warum die Zahl der Elektronen, die von einem Atom durch den Stoß eines korpuskularen Strahls abgetrennt werden können, nicht übereinstimmt mit der Zahl der Valenzelektronen, welche ein Atom an seiner Oberfläche in chemischen Verbindungen verwenden kann.

§ 2. Mehrfache Ionisierung eines Atoms durch Kathodenstrahlen. — Daß Kathodenstrahlen neutrale Atome durch ihren Stoß ionisieren, ist eine bekannte Tatsache. Die Frage ist, ob der Stoß von Kathodenstrahlen mehr Elektronen als eins von demselben Atom abzutrennen vermag. Die spektrale Analyse beantwortet diese Frage leicht und sicher mit Ja.

Es sind zunächst bereits mehrere Fälle bekannt, in denen selbst die langsamen Kathodenstrahlen der positiven Säule von einem Atom zwei oder drei Elektronen abzutrennen vermögen. So kommen die ein- und zweiwertigen Linien des Heliums an der positiven Säule des Glimmstroms bei niedriger Temperatur zur Emission, ebenso die zwei- und sogar dreiwertigen Linien des Quecksilbers.

In der Mehrzahl der bis jetzt untersuchten Fälle erscheinen dagegen in der positiven Säule niedriger Temperatur in merkbarer Intensität nur die Linien positiv einwertiger Atomionen. In diesen Fällen vermag darum der Stoß langsamer Kathodenstrahlen nur ein Elektron von einem neutralen Atom abzutrennen, wenigstens soweit dies an der mit der Ionisierung verbundenen Lichtemission sich erkennen läßt. Dagegen vermögen schnelle Kathodenstrahlen in diesen Fällen mehr als ein Elektron von demselben Atom abzutrennen; in der negativen Schicht (Kathodenstrahlgeschwindigkeit größer als 300 Volt) des Glimmstroms erscheinen nämlich bei solchen Elementen neben einwertigen Linien auch zwei- oder dreiwertige, wie sich für *Ar, O, N, S* feststellen ließ. Und im Falle des Quecksilbers werden hier sogar vierwertige Atomionen erzeugt, wie aus der Emission vierwertiger Linien zu schließen ist.

Diese Feststellung der mehrfachen Ionisierung durch Kathodenstrahlen läßt die Frage offen, ob die mehrfache Ionisierung eines Atoms in mehreren sich folgenden Stößen oder in einem einzigen Stoße erfolgt. Nun ist gewiß, daß ein Atom in mehreren Stößen (mehrstößig) als Kanalstrahl sich selbst ionisieren kann, und es ist kein Grund einzusehen, warum nicht auch ein Atom durch mehrere verschiedene Kathodenstrahlen in verschiedenen Stößen mehrfach ionisiert werden könne, in der Weise, daß ein neutrales Atom von einem Kathodenstrahl getroffen und einfach ionisiert wird, darauf das so entstandene einwertige Atomion von einem anderen Kathodenstrahl gestoßen und ionisiert wird, das so entstandene zweiwertige Ion durch den Stoß eines dritten Kathodenstrahls dreiwertig gemacht wird.

Ist aber eine derartige mehrstößige Ionisierung eines Atoms durch verschiedene Kathodenstrahlen möglich, dann dürfen wir erwarten, daß derselbe Kathodenstrahl von demselben Atom in einem Stoß mehrere Elektronen absprengt. Freilich ist dabei zu beachten, daß die Abtrennung eines ersten Elektrons Arbeit erfordert und darum die kinetische Energie des Kathodenstrahls vermindert; die Abtrennung eines zweiten und dritten Elektrons verlangt eine weitere Arbeit und ist darum nur bei hinreichender kinetischer Energie des Kathodenstrahls möglich. So erklärt sich bei Annahme einer einstößigen mehrfachen Ionisierung eines Atoms durch einen Kathodenstrahl zwanglos die Erscheinung, daß sie in zahlreichen Fällen erst bei größerer Geschwindigkeit des Strahls möglich wird.

Kommt nun außer der zweifellos wirksamen mehrstößigen auch die einstößige mehrfache Ionisierung durch Kathodenstrahlen in Wirklichkeit vor? Dies ist sehr wahrscheinlich der Fall. Denn die Chance des Stoßes von schnellen Kathodenstrahlen auf einwertige Atomionen ist bereits sehr viel kleiner als diejenige des Stoßes auf neutrale Atome wegen der Kleinheit des Verhältnisses spez. Zahl der positiven Ionen zu derjenigen der neutralen Atome. Noch viel kleiner ist die Chance für den Stoß schneller Kathodenstrahlen auf zwei- oder gar dreiwertige positive Atomionen. Gleichwohl nehmen wir in mehreren Fällen in der positiven Säule sowohl wie in der negativen Glimmschicht eine intensive Emission zwei- oder dreiwertiger Linien neben derjenigen

einwertiger Linien wahr, und hieraus ist zu schließen, daß die zwei- und dreifache Ionisierung durch Kathodenstrahlen im Verhältnis zur einfachen Ionisierung beträchtlich ist. Dieses Verhältnis läßt folgern, daß die einstößige mehrfache Ionisierung neutraler Atome in diesen Fällen relativ häufig vorkommt.

Von dem Vorgang der Ionisierung eines Atoms durch einen Kathodenstrahl wird man sich zunächst folgendes einfache räumliche Bild machen: Der von außen kommende Kathodenstrahl tritt im Verfolg seines Weges in das elektrische Kraftfeld, welches ein Elektron mit der ihm zugeordneten positiven Ladung verbindet, und übt auf das Elektron einen von dem Atom fortgerichteten Impuls aus. Wenn diese Vorstellung auch sehr wahrscheinlich in vielen Fällen der Wirklichkeit entspricht, so müssen wir vorderhand doch auch noch folgende Möglichkeit einer mittelbaren Ionisierung durch einen Kathodenstrahl neben der eben gekennzeichneten unmittelbaren Ionisierung im Auge behalten: Durch den Stoß eines Kathodenstrahls mag an der getroffenen Atomstelle ein Betrag oszillatorischer Energie erzeugt werden, dieser mag durch das Atom hindurch sich fortpflanzen und an einem seiner anderswo gelegenen abtrennbaren Elektronen in der Weise absorbiert werden, daß sie seine Abtrennung und Emission als sekundärer Kathodenstrahl bewirkt. Eine derartige mittelbare einstößige Ionisierung mag sowohl einfach wie mehrfach sein. Daß sie überhaupt möglich ist, läßt sich aus der Tatsache folgern, daß von einem Atom ein Elektron infolge der Absorption einer von außen her zugestrahlten oszillatorischen Energie (Licht-, Röntgenstrahlen) abgetrennt werden kann.

§ 3. Mehrfache Ionisierung ruhender Atome durch Kanalstrahlen. — Wie ich an anderer Stelle[1]) dargelegt habe, kommt die Emission ruhender Serienlinien in den Kanalstrahlen dadurch zustande, daß neutrale Gasatome von Kanalstrahlen getroffen werden und durch deren Stoß unter gleichzeitiger Anregung von Lichtemission von Seiten des Atomrestes ionisiert werden. Die Emission ruhender Serienlinien in den Kanalstrahlen ist demnach ein Kennzeichen für die Ionisierung ruhender Gasatome durch den Stoß von Kanalstrahlen. Nun treten bei allen bis jetzt untersuchten chemischen Elementen, welche einer mehrfachen Ionisierung fähig sind, außer den ruhenden Linien der einwertigen Ionen auch noch diejenigen der zwei-, drei- oder vierwertigen Ionen in den Kanalstrahlen auf. Hieraus folgt, daß ruhende Atome nicht bloß einfach, sondern auch mehrfach durch den Stoß von Kanalstrahlen ionisiert werden können.

Wie ohne weiteres ersichtlich ist, mag die mehrfache Ionisierung eines ruhenden Atoms in mehreren Stößen von Seite verschiedener Kanalstrahlen erfolgen. Noch plausibler als im Falle der Kathodenstrahlen ist indes, daß ein Kanalstrahl auch in einem einzigen Stoß ein neutrales Atom mehrfach ionisieren kann. Denn da ein Atomstrahl mehr Raum erfüllt und aus mehr Einheiten als ein Kathodenstrahl sich zusammensetzt, so ist die Chance in diesem Falle dafür größer, daß mehrere Elektronen des gestoßenen Atoms in demselben Stoß von Teilen desselben Kanalstrahls in Mitleidenschaft gezogen und von ihrem Atom abgetrennt werden.

Die Ionisierung eines ruhenden Atoms durch einen Kanalstrahl kann man nicht auf den Fall der Ionisierung durch einen Kathodenstrahl mit der Annahme zurückführen, daß jedes Elektron im Kanalstrahl für sich allein wie ein einzelner Kathodenstrahl auf das im Wege liegende ruhende Atom wirkt. Denn es ist Tatsache, daß ein Quecksilberatomstrahl, der mit einer einfachen positiven Ladung 1000 Volt frei durchfallen hat, also eine Geschwindigkeit von $3 \cdot 10^6$ cm sec^{-1} besitzt, ruhende Gasatome zu ionisieren vermag, während ein einzelner Kathodenstrahl für diesen Zweck eine Geschwindigkeit größer als $8 \cdot 10^7$ cm sec^{-1} besitzen muß. Es ist demnach zu folgern, daß bei dem Impuls, den ein Atomstrahl auf ein ruhendes Atom an den sich berührenden oder wechselseitig sich durchdringenden Partien ausübt, ein Zusammenwirken der Teile des Atomstrahls zu dem Ende einer Energieabgabe an die abgetrennten Elektronen statthat.

Noch mehr wie im Falle des Kathodenstrahls wird uns für die ein- oder mehrfache Ionisierung durch einen Kanalstrahl die Annahme einer mittelbaren oder oszillatorischen Ionisierung nahegelegt. Es mag ja wohl ein Teil des Atomstrahls, z. B. ein Elektron, im Verfolg der Strahlenbahn auf ein abtrennbares Elektron eines ruhenden Atoms stoßen und dieses dann, unterstützt von dem Nachschub benachbarter Teile des Atomstrahls, fortwerfen. Ebenso möglich sind aber auch folgende Vorgänge.

Der stoßende Atomstrahl mag bereits oszillatorische Energie vor dem Zusammenstoße besitzen oder sie erst an sich oder an dem gestoßenen Atom erzeugen. Diese oszillatorische Energie kann dann auf einem mehr oder weniger kurzen Weg in das Kraftfeld eines abtrennbaren Elektrons oder mehrerer Elektronen des gestoßenen Atoms wandern und es oder sie aus

1) J. Stark, Ann. d. Phys. **42**, 163, 1913.

diesem als langsame sekundäre Kathodenstrahlen herauswerfen.

§ 4. Mehrfache Selbstionisierung von Kanalstrahlen. — Daraus, daß ein ruhendes Atom durch einen Kanalstrahl ein- oder mehrfach ionisiert werden kann, läßt sich folgern, daß ein Kanalstrahl durch den Stoß auf ein ruhendes Atom sich selbst ein- oder mehrfach zu ionisieren vermag. Daß diese Selbstionisierung[1]) der Kanalstrahlen in der Tat statthat, geht aus ihren Kanalstrahlenbildern hervor. Es vermag nämlich eine zwei- oder dreiwertige Linie auch im ersten Geschwindigkeitsintervall bewegte Intensität dadurch anzunehmen, daß ein ursprünglich einwertiger Strahl durch eine ein- oder zweifache Selbstionisierung in einen zwei- oder dreiwertigen Strahl sich verwandelt. Beispiele hierfür bieten die Al[2])-, Ar[3])-, Hg[4])- und O[5])-Kanalstrahlen.

Die mehrfache Selbstionisierung eines Kanalstrahls kann offenbar wie die Ionisierung eines von ihm gestoßenen Atoms ein- oder mehrstößig sein und unmittelbar oder mittelbar erfolgen. Es gelten für diesen Fall dieselben Überlegungen wie für die Ionisierung ruhender Gasatome durch Kanalstrahlen.

Die Ionisierung der Atome eines Elements im oszillatorischen Funken, also in der positiven Säule von hoher Temperatur, sei hier nur erwähnt. Sie stellt keinen neuen Fall von ein- oder mehrfacher Ionisierung dar. Sie setzt sich nämlich entsprechend dem Vorkommen großer Geschwindigkeiten an freien Elektronen, Atomen oder Atomionen zusammen aus einer Ionisierung durch Kathoden- und einer Ionisierung durch Kanalstrahlen.

§ 5. Mehrfache positive Ladung und Valenzzahl eines chemischen Elements. — An früherer Stelle[6]) habe ich zur Deutung der wechselseitigen Kräfte zwischen Atomen in chemischen Verbindungen die Hypothese eingeführt, daß an der Oberfläche chemischer Atome gegenüber relativ ausgedehnten positiven Flächen abtrennbare punktförmige Elektronen liegen, deren Kraftlinien die wechselseitige Zusammenbindung von Atomen zu Molekülen vermitteln; demgemäß nannte ich diese an der Oberfläche liegenden abtrennbaren Elektronen „Valenzelektronen". Nach der von mir skizzierten Auffassung von dem Aufbau des Atoms aus positiven elementaren Individuen (Archionen) und den sie neutralisierenden Elektronen kommen jedenfalls in einem schwereren Atom außer den Oberflächen- oder Valenzelektronen noch weitere neutralisierende Elektronen im Innern des Atoms vor, welche sich zwar nicht mehr an den wechselseitigen Oberflächenbindungen chemischer Atome beteiligen, welche aber gleichwohl wie die Valenzelektronen vom Atom abgetrennt werden können.

Die Zahl der Oberflächen- oder Valenzelektronen ist beschränkt und ist im allgemeinen gleich der Zahl von Valenzen zu setzen, welche das betrachtete Element normal in organischen Verbindungen betätigt; sie ist offenbar im allgemeinen kleiner als die Zahl aller abtrennbaren negativen Elektronen eines Elements. Nur im Falle des Wasserstoffs scheint das Atom außer einem einzigen Valenzelektron kein weiteres abtrennbares Elektron zu besitzen, da bei Wasserstoff bis jetzt weder nach der elektromagnetischen noch nach der spektralen Methode eine mehrfache positive Ladung seines Atoms nachgewiesen werden konnte.

Von dem hiermit gewonnenen Standpunkt aus kann es nicht auffallend erscheinen, daß bereits mehrere Fälle aufgefunden sind, in denen von einem Atom eines Elements eine größere Zahl von Elektronen abgetrennt werden kann, als der Zahl der Valenzen des Elements entspricht. So konnte mittels der spektralen Analyse[1]) das Vorkommen von positiv vierwertigen Hg-Ionen, mittels der elektromagnetischen Analyse[2]) der Kanalstrahlen sogar das Vorkommen von fünf-, sechs- und siebenwertigen positiven Hg-Strahlen nachgewiesen werden.

Die an der Atomoberfläche sitzenden Valenzelektronen sind elektrisch nicht so fest an positive Sphären gebunden als die abtrennbaren Elektronen, die im Atominnern zwischen positive Ladungen eingebaut sind. Darum werden zwar zunächst die Valenzelektronen infolge des Stoßes von Kathoden- oder Kanalstrahlen der Abtrennung unterliegen. Aber nachdem bei einer mehrfachen Ionisierung die Atomoberfläche ihrer Valenzelektronen beraubt ist, können durch Stoßionisierung auch aus dem Atominnern Elektronen herausgeworfen werden.

Während das Spiel chemischer Bindungen auf Vorgänge an der Atomoberfläche sich beschränkt, kann uns die Vorstellung nicht schwer fallen, daß bei der Stoßionisierung auch abtrennbare Elektronen im Atominnern in Mitleidenschaft

1) Vgl. J. Stark, diese Zeitschr. **14**, 768, 1913.
2) J. Stark, R. Künzer und G. Wendt, Ber. d. Berl. Akad. **24**, 430, 1913.
3) J. Stark und H. Kirschbaum, Ber. d. Münch. Akad. 1913, S. 331.
4) J. Stark, G. Wendt und H. Kirschbaum, Ann. d. Phys. 1913.
5) J. Stark, G. Wendt und H. Kirschbaum, diese Zeitschr. **14**, 770, 1913
6) Vgl. J. Stark, Die elektrischen Quanten, S. Hirzel, Leipzig 1910, S. 68.

1) J. Stark, G. Wendt und H. Kirschbaum, Ann. d. Phys. 1913.
2) J. J. Thomson, Phil. Mag. **24**, 668, 1912.

gezogen werden. Denn wir dürfen es ja als erwiesene Tatsache betrachten, daß Kathodenstrahlen das Innere eines Atoms zu durchqueren vermögen, und selbst von den Kanalstrahlen[1]) haben wir anzunehmen, daß sie bis zu einer gewissen Tiefe in ein Atom eindringen und wenigstens seine äußeren Schichten durchlaufen. Also auch wenn wir nur eine unmittelbare Wirkung des stoßenden Teilchens auf ein abzutrennendes Elektron im Atominnern zulassen würden, müßte uns die Abtrennung von Elektronen aus dem Atominnern plausibel erscheinen. Ebenso leicht verständlich erscheint dieser Vorgang auf Grund der Annahme einer mittelbaren oder oszillatorischen Ionisierung eines Atoms.

Die Stoßionisierung des Innern eines Atoms greift über das Erfahrungsgebiet der Chemie hinaus, insofern dieses nur auf die Oberflächenstruktur sich beschränkt. So ist auch begreiflich, daß die Stoßionisierung das Vorkommen von abtrennbaren Elektronen in den Atomen solcher Elemente, nämlich der Edelgase, aufdeckt, welchen die Chemie überhaupt keine Valenz zuschreibt. Bei diesen Elementen sind eben die abtrennbaren negativen Elektronen relativ zu positiven Atomteilen in der Weise angeordnet, daß sie für die wechselseitige Bindung von Atomen in Molekülen keine Kraftlinien freimachen können; dagegen können sie durch Kathoden- oder Kanalstrahlen aus dem Atom herausgestoßen werden. So kennen wir positiv ein- und zweiwertige *He*-Atomionen[2]), ein-, zwei- und dreiwertige *Ar*-Ionen[3]).

1) J. Stark, Ann. d. Phys. **42**, 163, 1913.
2) J. J. Thomson, Phil. Mag. **21**, 239, 1911; J. Stark, A. Fischer und H. Kirschbaum, Ann. d. Phys. **40**, 499, 1913.
3) J. J. Thomson, Phil. Mag. **24**, 668, 1912; J. Stark und H. Kirschbaum, Ber. d. Münch. Akad. 1913, S. 331.

Aachen, Physik. Institut der Techn. Hochschule, 10. Aug. 1913.

(Eingegangen 14. August 1913.)

Eine Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen der Luft und Kohlensäure sowie eine Berechnung der spezifischen Wärmen mittels der Berthelotschen Zustandsgleichung.

Von James Riddick Partington.

(Aus dem physikalisch-chemischen Institut der Universität Berlin.)

1. Längere Zeit war für das Verhältnis der spezifischen Wärmen, $\varkappa = \frac{c_p}{c_v}$, das Resultat von Röntgen[1]), 1,4053 für Luft, als das zuverlässigste angenommen, weil es einen Wert für c_p ergab, welcher mit dem Mittelwert der spezifischen Wärmen nach den Bestimmungen von Regnault und von Wiedemann in guter Übereinstimmung war. Neuere Untersuchungen haben kleinere Werte als den Röntgenschen ergeben; dieser ist etwa 0,15 Proz. größer als der Wert des Verfassers und 0,2 Proz. größer als die Ergebnisse der anderen neueren Beobachtungen. Es scheint keine andere Erklärung möglich als die, daß die Korrektionen von Röntgen in seiner Arbeit überschätzt worden sind, und ein systematischer Fehler dürfte auch durch folgende Überlegung sehr wahrscheinlich sein. Die Werte für Luft und Kohlensäure, welche von Röntgen und dem Verfasser gefunden sind, unterscheiden sich um ungefähr denselben Betrag:

Luft: $1{,}4053 - 1{,}4031 = 0{,}0022$,
CO_2 (20^0): $1{,}3051 - 1{,}3020 = 0{,}0031$.

Der Wert des Verfassers für Luft unterscheidet sich aber um nur 0,07 Proz. von dem Mittelwert der drei neuesten Beobachtungen.

Daher ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Resultate von Röntgen mit einem systematischen Fehler von ungefähr 0,15 Proz. behaftet sind.

2. Erst Lummer und Pringsheim[2]) ist es gelungen, die Bestimmung von $\varkappa$ auf Grund einer Temperaturmessung durchzuführen; frühere Versuche von Favre und Silbermann sowie Kohlrausch hatten zu keinen brauchbaren Resultaten geführt. Diese Beobachter benutzten als Thermometer ein äußerst dünnes Blech aus Platin von 0,0006 mm Dicke, 7 cm Länge und 0,2 cm Breite, welches sie durch Auswalzen eines versilberten Drahtes und Auflösung des Silbers hergestellt hatten. Die systematischen Fehler waren durch drei Umstände bedingt: Erwärmung des Thermometers durch die Gefäßwände (1), mittels der Wärmeleitung des Gases und der Zuleitungsdrähte (2), durch Konvektionen (3) durch Strahlung. Die Einflüsse der Wärmeleitung und Konvektion von den Wänden durch das Gas selbst waren durch die Zentralstellung des Thermometers und Benutzung eines großen Gefäßes verschwindend klein gemacht worden, und es blieb nur übrig die Erwärmung durch die Zuleitungsdrähte und durch Wärmestrahlung. Obwohl Lummer und Pringsheim durch eine Auswalzung der Zuleitungsdrähte den ersten Fehler beträchtlich verkleinern konnten, blieb sicher noch ein kleiner Effekt übrig, so daß die Resultate dieser Beobachter von vornherein als

1) Röntgen, Pogg. Ann. **148**, 580, 1873.
2) Lummer und Pringsheim, Wied. Ann. **64**, 553, 1898.

etwas zu klein betrachtet werden dürfen. Diesen Übelstand hat später Makower[1]) in passender Weise vermieden, indem er die Methode der „Duplikatleiter" („dummy-leads") von Callendar benutzte, nach welcher ein zweites kürzeres Stück des Platindrahtes an identische Zuleitungsdrähte gelötet und in den entgegengesetzten Zweig der Meßbrücke eingeschaltet wird. Dadurch heben sich die Einflüsse der Drahtenden vollständig auf. Leider hat Makower einen viel zu dicken Draht (0,025 mm Durchmesser) angewendet, so daß ein zweiter Fehler, welcher durch die Trägheit des Thermometers bedingt ist, hervorgerufen wurde. Diese Trägheit ist durch die Wärmekapazität des Drahtes und den Wärmeaustausch zwischen ihm und dem Gas bedingt, und sie bewirkt auch eine Verminderung des $\varkappa$-Wertes.

3. Folgende Versuche wurden nach einem Vorschlag des Herrn Professor Nernst ausgeführt. Offenbar war die zweckmäßigste Versuchsanordnung eine Verbindung der Vorteile der genannten Methoden von Lummer und Pringsheim und von Makower. Zu diesem Zwecke wurde als Thermometer ein Wollastondraht von 0,001 mm Durchmesser benutzt und die Methode von Duplikatleitern angewendet. Ferner wurden die Widerstandsänderungen des Thermometers mit einem Saitengalvanometer verfolgt, und daher war es möglich, den augenblicklichen Temperaturzustand des umgebenden Gases zu beobachten. Das Thermometer befand sich in der Mitte eines Kupferballons von 130 l Inhalt. Die plötzliche Ausdehnung des Gases (welches vorher durch ein System von Trockenröhren in den Ballon unter einigen Zentimetern Überdruck geleitet wurde) erfolgte durch ein großes Ventil, das mittels einer Hebel- und Federvorrichtung plötzlich geöffnet werden konnte. Der Anfangsdruck wurde an einem Paraffinölmanometer abgelesen. Die Ausgangstemperatur des Gases wurde auf etwa 20° C durch ein großes Wasserbad konstant gehalten.

Dann wurde der anfängliche Überdruck so variiert, daß nach dem Auspuffen des Gases der Widerstand des Thermometers genau den an der Meßbrücke vorher eingestellten Wert besaß, und dadurch das Galvanometer, welches natürlich durch die Änderung des Brückenwiderstandes zunächst einen Ausschlag zeigte, unmittelbar nach dem Auspuffen genau wieder zum Nullpunkt zurückkehrte. Schließlich wurde das Wasserbad so weit abgekühlt, bis das Galvanometer konstant den Nullpunkt zeigte, und nun die Temperatur des Wassers, welche der des Gases unmittelbar nach dem Auspuffen entsprach, mittels eines eingetauchten Quecksilberthermometers abgelesen. Die Korrektion für Wärmestrahlung von den Wänden auf den Thermometerdraht wurde in derselben Weise wie bei Lummer und Pringsheim zu 0,0021 ermittelt, d. h. durch Wiederholen eines Versuchs nach Platinieren des Drahtes, dessen Absorptionsvermögen hierdurch nach Lummer und Pringsheim 15 mal vergrößert wurde.

1) Makower, Phil. Mag. (6) **5**, 226, 1903.

4. Resultate.

p_1 = Anfangsdruck in mm Hg,
p_2 = Enddruck in mm Hg (Barometerhöhe),
T_1 = Anfangstemperatur = $t_1{}^0$ C + 273,09,
T_2 = Endtemperatur = $t_2{}^0$ C + 273,09.

Sämtliche Werte von $\varkappa'$ sind aus den Daten unmittelbar durch die Gleichung:

$$\varkappa' = \frac{\log \frac{p_1}{p_2}}{\log \frac{p_1}{p_2} - \log \frac{T_1}{T_2}} \qquad (1)$$

berechnet.

I. Luft (trocken und kohlensäurefrei).

Erste Versuchsreihe (0,001 mm Draht).

p_1	p_2	T_1	T_2	$\varkappa'$
800,90	755,6	292,59	287,75	1,4015
795,27	750,1	292,59	287,75	1,3992
835,68	761,2	293,12	285,38	1,4018
834,35	759,7	293,12	285,38	1,3996
831,10	756,5	293,12	285,38	1,3978
831,78	757,4	293,12	285,38	1,3999
829,55	755,3	293,12	285,38	1,3995
828,20	754,2	293,12	285,38	1,4005
			Mittel:	1,4000

Zweite Versuchsreihe (0,002 mm Draht).

p_1	p_2	T_1	T_2	$\varkappa'$
819,93	750,8	293,12	285,83	1,4004
819,87	750,8	293,12	285,83	1,4009
818,67	751,2	293,12	286,03	1,3980
807,20	753,4	293,12	287,39	1,4011
804,90	753,8	293,12	280,67	1,4008
			Mittel:	1,4002

$\therefore \varkappa'$ für Luft = 1,4001 ± 0,0003.

II. Kohlensäure (s. Tabelle auf d. folg. Seite).

Weil die benutzte Kohlensäure zu 1,5 Proz. durch Luft verunreinigt war, wird der $\varkappa'$-Wert für ganz reine Kohlensäure 0,0015 kleiner:

$\therefore \varkappa'$ für Kohlensäure = 1,2947 ± 0,0003

bei 17° C.

Die Werte für $\varkappa'$ bedürfen zweier Korrektionen, ehe sie die wahren Verhältnisse der spe-

II. Kohlensäure (0,002 mm Draht).

p_1	p_2	T_1	T_2	$\varkappa'$
828,65	757,1	293,12	287,15	1,2951
828,72	757,1	293,12	287,15	1,2948
827,17	755·7	293,12	287,18	1,2930
830,54	756,6	293,12	286,92	1,2975
829,27	756,1	293,12	286,97	1,2979
830,44	756,6	293,12	286,92	1,2980
830,40	756,6	293,12	286,92	1,2982
834,33	756,4	293,12	286,65	1,2947
834,20	756,4	293,12	286,65	1,2954
854,31	756,4	293,12	286,65	1,2949
835,33	756,3	293,12	286,51	1,2979
835,32	756,3	293,12	286,51	1,2980

Mittel: 1,2962

zifischen Wärmen $\left(\varkappa = \frac{c_p}{c_v}\right)$ darstellen; (1) für die Strahlung, (2) für die Abweichungen von den Gasgesetzen. Die Gleichung (1) gilt nämlich streng nur für ideale Gase, und obwohl Luft nicht sehr weit von einem solchen Zustand abweicht, versagt diese Annahme bei Kohlensäure. Es ist daher nötig, zur Darstellung des wahren Verhältnisses der spezifischen Wärmen nach Korrektion für Strahlung um 0,0021 noch eine Korrektion an dem Wert von $\varkappa'$ anzubringen[1]). Diese Korrektion ist durch folgendes Verfahren abzuleiten.

5. D. Berthelot[2]) hat gezeigt, daß die Gleichung:

$$\left(p + \frac{a}{Tv^2}\right)(v - b) = RT, \qquad (2)$$

wo

$$a = \frac{27}{64} R^2 \frac{T_x^3}{p_x}; \quad b = \frac{v_x}{4} \qquad (3)$$

(p_x, v_x, T_x sind die kritischen Daten) in ausgezeichneter Weise das Verhalten schwach komprimierter Gase darstellt.

Betrachten wir nun eine Gasmasse unter dem Drucke p_1, und lassen wir das Gas sich adiabatisch ausdehnen bis zum Drucke p_2. Wenn das Volumen jetzt konstant gehalten und das Gas auf die ursprüngliche Temperatur erwärmt wird und dann den Druck P besitzt, gilt die Gleichung:

$$\varkappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - P} \qquad (4)$$

für ideale und auch wirkliche Gase, wenn $p_1 - p_2$ klein ist[3]). Es ist aber leicht, P aus den Werten von p_2, T_1 und T_2 durch die Zustandsgleichung (2) zu berechnen, und wenn man anstatt $\varkappa$ den reziproken Wert $1/\varkappa$ berechnet, ergibt sich:

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{\varkappa} &= \frac{p_1 - p_2 \frac{T_1}{T_2}}{p_1 - p_2} + \frac{a}{v^2} \frac{\left(\frac{T_1}{T_2^2} - \frac{1}{T_1}\right)}{p_1 - p_2} = \\ &= \frac{1}{\varkappa'} + \frac{a}{v^2} \frac{\left(\frac{T_1}{T_2^2} - \frac{1}{T_1}\right)}{p_1 - p_2}. \end{aligned}\right| \qquad (5)$$

Die Korrektionsglieder für Luft und Kohlensäure sind aus den kritischen Daten zu berechnen:

	p_x atm.	T_x	Korrektion für $\varkappa'$
Luft	39,3	132,6°	0,001
Kohlensäure . .	72,9	304,4°	0,006

Als endgültige Resultate findet man:
$\varkappa$ für Luft bei Zimmertemperatur
$= 1{,}4001 + 0{,}0021 + 0{,}001 = 1{,}4032$,
$\varkappa$ für Kohlensäure bei 17° C
$= 1{,}2947 + 0{,}0021 + 0{,}006 = 1{,}3028$.

Von Professor Nernst (Theoretische Chemie, 7. Aufl., S. 245) wurde folgende Gleichung angegeben:

$$\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}} = \frac{T_1}{T_2}\left(1 + \frac{27}{32} \pi \tau^3\right), \qquad (6)$$

wo

$$\pi = \frac{p_1 + p_2}{2 p_x}; \quad \tau = \frac{2 T_x}{T_1 + T_2} \qquad (7)$$

sind. Diese Gleichung geht durch logarithmische Reihenentwicklung in die Gleichung:

$$\varkappa = \varkappa'\left[1 + (\varkappa - 1)\frac{27}{32} \pi \tau^3\right] \qquad (8)$$

über. Die Gleichungen (5) und (8) führen zu den gleichen Resultaten.

Die von Bakker[1]) gegebene Gleichung:

$$\varkappa = -\varkappa' \frac{p}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T,$$

welche leicht in die Gleichung

$$\varkappa = \varkappa'\left(1 - v \frac{\partial p}{\partial v}\right)$$

umzuwandeln ist, liefert unter Benutzung der Resultate von Chappuis[2]) für die Kompressibilität der Kohlensäure, Resultate, welche mit den angegebenen in guter Übereinstimmung sind. Im folgenden sind einige Messungen, die nach der Methode der adiabatischen Ausdehnung von anderen Autoren ausgeführt worden sind, wo nötig, mit der Berthelotschen Zustandsgleichung neu berechnet.

1) H. W. Moody (diese Zeitschr. **13**, 383, 1912), dessen Arbeit während der jetzigen Versuche veröffentlicht wurde, hat offenbar die zweite Korrektion ganz übersehen.
2) D. Berthelot, Mémoires et trav. du Bureau int. des poids et mesures **13**, 1907; Nernst, Theoretische Chemie, 7. Aufl., 1913, S. 241.
3) Maneuvrier, Ann. de chim. et phys. (7) **6**, 321, 1895.

1) Phys. Rev. **31**, 589, 1910.
2) Mém. et trav. du Bureau int. des poids et mesures **13**, 1907.

Luft bei Zimmertemperatur.

	$\varkappa$
Röntgen	1,4053
Lummer und Pringsheim	1,4023
Makower	1,402
Moody	1,4021
Partington	1,4032

Kohlensäure.

	t^0 C	$\varkappa$
Röntgen	19,5	1,3051
Lummer und Pringsheim	11	1,3018
Moody	25	1,3063
Partington	17	1,3028
Wüllner	0	1,3208
"	100	1,2854

(Die Zahlen von Wüllner[1]) wurden nach der Schallgeschwindigkeitsmethode gefunden. Sie sind hier mit der Berthelotschen Gleichung umgerechnet.)

Die Berechnung der spezifischen Wärmen selber folgt ebenfalls aus der Berthelotschen Gleichung durch die Beziehung:

$$C_p - C_v = R\left(1 + \frac{9}{128} \cdot 24\,\pi\,\tau^3\right), \qquad (9)$$

welche für Luft bei Zimmertemperatur $c_p - c_v =$ 0,0687 cal liefert, und für Kohlensäure folgende Werte von $C_p - C_v$ gibt: 0^0 C 2,067; 20^0 C 2,04; 100^0 C 2,01. Daraus folgt für Luft:

$$c_v = 0{,}1704 \text{ cal}; \quad c_p = 0{,}2391 \text{ cal}.$$

Folgende Tabelle enthält die Werte von c_p, c_v und $\varkappa$ für Luft bei Zimmertemperatur, welche durch Messungen von c_p (Teil A) und durch Messungen von $\varkappa$ (Teil B) ermittelt worden sind.

Luft bei Zimmertemperatur.

	c_p	c_v	$\varkappa$
A.			
Regnault	0,2375	0,1688	1,407
Wiedemann	0,2389	0,1702	1,404
Swann[2])	0,2417	0,1730	1,397
Scheel und Heuse[3])	0,2403	0,1716	1,401
B.			
Röntgen	0,2382	0,1695	1,4053
Lummer u. Pringsheim	0,2395	0,1708	1,4025
Makower	0,2396	0,1709	1,402
Moody	0,2396	0,1709	1,4021
Partington	0,2391	0,1704	1,4031

1) Wüllner, Wied. Ann. **4**, 321, 1878; vgl. Leduc, C. R. **127**, 659, 1898; Keutel, Dissertation, Berlin 1910.
2) Swann, Phil. Trans. (A.) **210**, 199, 1910.
3) Scheel und Heuse, Ann. d. Phys. **37**, 79, 1912; **40**, 473, 1913; Zeitschr. f. Elektrochem. **19**, 593, 1913.

Die vier neueren Messungen von $\varkappa$ unterscheiden sich um nur etwa 0,07 Proz., und weil es schon gezeigt worden ist, daß die Resultate von Lummer und Pringsheim und Makower (und auch durch eine ähnliche Überlegung die von Moody) um einen kleinen Betrag zu klein sein dürften, scheint es gestattet zu sein, mit großer Wahrscheinlichkeit zu schließen, daß die jetzigen Resultate sich nicht mehr als 0,1 Proz. von den richtigen entfernen.

Wie man sieht, liegen die Resultate vom Verfasser denen von Wiedemann sehr nahe, weichen aber merklich gegen die von Swann und von Scheel und Heuse ab. Es muß aber betont werden, daß die Resultate der letztgenannten Beobachter (Swann und Scheel u. Heuse), obwohl sie mit derselben Methode („constant-flow calorimeter") gearbeitet haben, Werte für $\varkappa$ liefern, welche im Vergleich mit den vier neueren Messungen von $\varkappa$ um den beinahe zehnfachen Betrag voneinander abweichen. Es scheint daher der Schluß berechtigt zu sein, daß die Resultate der Methode der adiabatischen Ausdehnung mehr Vertrauen beanspruchen dürfen, als die neueren direkten Messungen von c_p. Selbst bei Helium, für das der gastheoretische Wert $\varkappa = 1{,}667$ so gut wie sicher anzunehmen ist, finden Scheel und Heuse den beträchtlich kleineren Wert 1,660, und ebenfalls für Kohlensäure ist der gefundene Wert 1,298 bei 20^0 C ganz sicher zu klein.

Um die spezifischen Wärmen von Kohlensäure bei verschiedenen Temperaturen zu berechnen, muß die Temperaturabhängigkeit von $\varkappa$ bekannt werden.

Die Temperaturabhängigkeit von $\varkappa$ wurde aus den c_p-Werten von Holborn und Henning[1]) in Verbindung mit den $C_p - C_v$-Werten zu 0,0362 Proz. zwischen 0^0 C und 100^0 C berechnet. Die neuberechneten Zahlen von Wüllner geben ebenfalls einen Wert 0,035 Proz., welcher mit der vorigen in guter Übereinstimmung ist.

$\varkappa$ für Kohlensäure (1 Atm. Druck).

	0^0	20^0	100^0
Röntgen	1,3121	1,3049	1,2759
Lummer u. Pringsheim	1,3058	1,2986	1,2696
Moody	1,3152	1,3081	1,2790
Wüllner	1,3208	1,3138	1,2854
Keutel	1,3089	1,3024	1,2785
Partington	1,3084	1,3017	1,2727

Die Werte von Keutel sind aus einer kritischen Übersicht aller früheren Werte mit Berücksichtigung der Zustandsgleichung hergeleitet.

1) Holborn und Henning, Ann. d. Phys. **23**, 809, 1907.

Spezifische Wärmen von Kohlensäure bei 1 Atm. Druck.

	0^0		20^0		100^0	
	C_v	C_p	C_v	C_p	C_v	C_p
A.						
Regnault	6,16	8,23	6,44	8,48	7,43	9,44
Wiedemann . . .	6,52	8,59	6,74	8,78	7,53	9,54
Holborn und Henning	6,77	8,84	6,93	8,97	7,46	9,47
Swann	6,61	8,68	6,85	8,89	7,72	9,73
Scheel und Heuse	—	—	6,84	8,88	—	—
B.						
Röntgen	6,62	8,69	6,69	8,73	7,29	9,30
Lummer u. Pringsheim	6,76	8,83	6,83	8,87	7,46	9,47
Wüllner	6,44	8,51	6,50	8,54	7,04	9,05
Moody	6,56	8,63	6,62	8,66	7,20	9,21
Partington . . .	6,68	8,75	6,72	8,76	7,37	9,38

Die Daten können wir mit Hilfe der Berthelotschen Gleichung (vgl. Nernst, loc. cit.):

$$C_v^0 = C_v - \frac{27}{32}\pi R \tau^3$$

auf den idealen Gaszustand reduzieren.

		c_v	c_p	C_v	C_p	C_v^0	C_p^0	$\varkappa$	$\varkappa_0$
Luft. . . .		0,1704	0,2391	4,938	6,930	4,934	6,919	1,4032	1,4023
CO_2. . . .	0^0 C	0,1518	0,1989	6,68	8,75	6,65	8,64	1,3084	1,2992
	20	0,1527	0,1991	6,72	8,76	6,69	8,68	1,3017	1,2975
	100	0,1675	0,2132	7,37	9,38	7,36	9,35	1,2727	1,2704

(Wohl zu unterscheiden sind die drei Größen $\varkappa'$, $\varkappa$ und $\varkappa_0$, welche hier einzeln berechnet worden sind. Von manchen Autoren wurde diese Unterscheidung offenbar nicht mit genügender Klarheit dargestellt; einige haben sie ganz übersehen.)

Zum Schluß möchte ich Herrn Professor Nernst, auf dessen Anregung und unter dessen Leitung ich die Untersuchungen ausgeführt habe, für sein freundliches Interesse meinen Dank aussprechen. Herrn Dr. Eucken bin ich auch für manche nützlichen Vorschläge zum Dank verpflichtet.

Die Arbeit wird später ausführlich im „Philosophical Magazine“ erscheinen.

Berlin, 18. August 1913.

(Eingegangen 19. August 1913.)

Lichtstarker Spektrograph für das sichtbare Gebiet.

Mitteilung aus der Fuess'schen Werkstätte in Berlin-Steglitz.

Von C. Leiß.

Neuartig bei diesem in Fig. 1 perspektivisch und in Fig. 2 im Horizontalschnitt dargestellten Spektrographen ist die Anwendung einer gewöhnlichen Linse als Kamera-Objektiv anstatt eines photographisch korrigierten achromatischen Objektivs. Das Öffnungs-Verhältnis des Kollimator-Objektivs beträgt F/4 und das des Kamera-Objektivs F/6 bei einem freien Durchmesser von 40 mm.

Der dispergierende Körper besteht aus einem Rutherfordschen Prisma, welches eine volle Ausnützung der Objektive gestattet. Die Dispersion beträgt zwischen C (656,3 $\mu\mu$) und F (486 $\mu\mu$) $= 3^0$ und zwischen 800 $\mu\mu$ und 400 $\mu\mu = 8^0$.

Trotz der bei diesem Apparat zur Anwendung gelangenden einfachen Kamera-Linse liefert dieser Apparat ein so vorzüglich definiertes Spektrum, wie es selbst mit wesentlich wertvolleren Apparaten kaum besser erreicht werden kann.

Der ganze Apparat ist so konstruiert, daß er eine dauernd richtige und unveränderliche Einstellung gewährleistet, Veränderungen also am Apparat nicht entstehen können. Holzteile sind streng vermieden. Kollimator, Prisma, Objektive und Kamera sind auf einer kräftigen eisernen Grundplatte montiert und der gesamte optische Teil ist durch eine überstülpbare Schutzkappe K, welche durch 10 Schrauben mit der Grundplatte verbunden ist, geschützt. Die lichtdichte Verbindung zwischen Kollimator und Schutzkappe wird durch die Schiebehülse l und zwischen Kassettenteil und Schutzkappe durch den Lichtabschluß l_1 bewirkt.

Soll einmal zum Zwecke der Reinigung des Prismas oder der beiden Objektive die Schutzkappe K abgenommen werden, so wird zunächst die auf dem Kollimator leicht verschiebbare schwarze Röhre zurückgezogen, sodann die 10 kleinen Schrauben, welche die große schwarze Schutzkappe halten, herausgeschraubt. Die

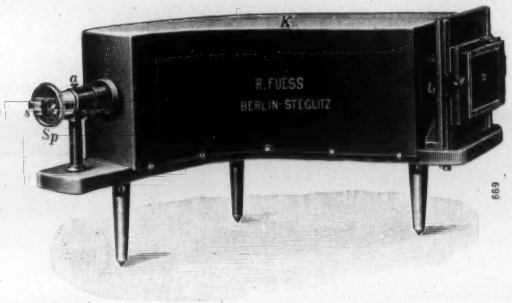


Fig. 1. Spektrograph für das sichtbare Gebiet. (Perspektivische Ansicht.)

Schutzkappe muß dann am Kollimator hochgehoben und aus dem Lichtabschluß l_1 der Kamera recht vorsichtig, ohne das Prisma zu verletzen, herausgezogen werden.

Der Spalt *Sp* ist einstellbar auf 0,01 mm; ein dem Spalt beigegebener Schieber *s* gestattet die Spaltlänge zwischen 0—8 mm nach Belieben zu variieren. Das eigentliche Spaltrohr ist verschiebbar, mit Millimeter-Teilung versehen und dient zur Scharfeinstellung, die aber bei Lieferung des Apparats bereits bewirkt ist. *a* ist eine Klemmschraube für das Spaltrohr.

Der Apparat ist für das Plattenformat $6^1/_2 \times 9$ cm eingerichtet und liefert bei Anwendung rot empfindlicher Platten ein Spektrum vom sichtbaren Gebiet, welches sich über die ganze Plattenlänge erstreckt. Die Länge des Spektrums in den einzelnen Spektralbezirken beträgt:

C	(656,3 $\mu\mu$)	bis	*B* (687 $\mu\mu$)	= 2 mm
C	„	„	*F* (486 $\mu\mu$)	= 17 mm
C	„	„	*G* (431 $\mu\mu$)	= 28 mm
C	„	„	*H* (397 $\mu\mu$)	= 40 mm
D	„	„	*M* (377 $\mu\mu$)	= 52 mm.

Der Kassettenträger ist für Reihenaufnahmen in der Vertikalen verschiebbar und diese Verschiebung ist an einer Skala, welche 15 Intervalle umfaßt, ablesbar. Es können also durch Verschieben der Kassette entweder 15 Aufnahmen von je 4 mm Höhe oder 30 Aufnahmen von je 2 mm Höhe untereinander auf

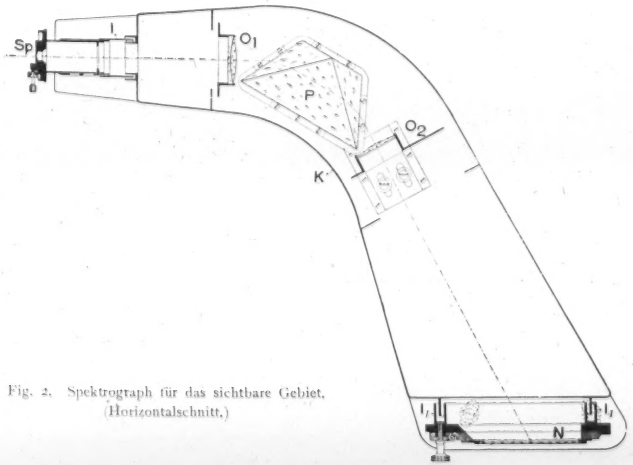


Fig. 2. Spektrograph für das sichtbare Gebiet. (Horizontalschnitt.)

einer Platte gemacht werden. Da der Spalt Sp mit einer verschiebbaren Blende versehen ist, welche gestattet, den Spalt in einer Höhe von 8 mm bis auf 0 mm abzublenden, so erlaubt der Apparat, Spektren beliebiger Höhe auf eine Platte zu bringen.

Die Expositionszeit bei der Aufnahme von Funkenspektren beträgt bei der Anwendung eines Induktoriums von ca. 8 cm Funkenlänge bei ca. 10 cm Funkenabstand vom Spalt und bei einer Spaltweite von etwa 0,02 mm ca. 2—3 Min. für mittlere Wellenlängen.

Jedem dieser Spektrographen wird auf Wunsch auch eine nach Vorschlägen von Herrn Prof. E. Goldstein hergestellte Wellenlängenskala zum Auswerten der Spektrogramme beigegeben. Diese für jeden Apparat extra bestimmte Skala ist in die Oberfläche einer Spiegelglasplatte eingeätzt, so daß bei den Messungen Parallaxe nicht entstehen kann. Um beim Auflegen der auszumessenden Negative sichere Anhaltspunkte zu haben, sind in die Skala 4 punktierte Linien eingezogen, welche der Lage der Fraunhoferschen Linien C, D, F, G' entsprechen. Diese Linien liegen also bei den Wellenlängen 656,3, 589,3, 486,1 und 434,1. Mit Hilfe eines neben dem auszumessenden Spektrogramm photographierten Vergleichsspektrums, z. B. Wasserstoff, kann man also sehr genau die Fixpunkte für das richtige Auflegen des Spektrogramms auf die Wellenlängenskala erhalten.

(Eingegangen 1. August 1913.)

Über ein neues Ultramikroskop.

Von R. Zsigmondy.

Im Jahre 1903 ist in den Ann. d. Phys. von Siedentopf und Zsigmondy[1]) eine Methode der Sichtbarmachung und Größenbestimmung ultramikroskopischer Teilchen mitgeteilt worden, die seither vielfach Anwendung gefunden hat.

Der daselbst beschriebene Apparat zur Sichtbarmachung, das Spaltultramikroskop, beruht auf Seitenbeleuchtung der Submikronen derart, daß kein Lichtstrahl der Beleuchtung in das Auge des Beobachters fällt.

Das Bild eines erleuchteten Spalts S (Fig. 1) wird mittels eines Fernrohrobjektivs F_2 in der Bildebene des als Kondensor dienenden Mikroskopobjektivs C abgebildet und von diesem ein abermals verkleinertes Bild b_2 im Präparat entworfen. Das Beobachtungsmikroskop wird auf das Spaltbild b_2 eingestellt.

1) Ann. d. Phys. (4) **10**, 1—39, 1903.

Fig. 1.

Aus Zweckmäßigkeitsgründen[1]) wurde als Kondensor ein Trockensystem[2]) verhältnismäßig großer Brennweite und kleiner Apertur (0,30) gewählt und zur Beobachtung von Flüssigkeiten ein Objektiv für Wasserimmersion D^* (num. Apertur = 0,75), an dem gleich die zur Aufnahme und Erneuerung von Flüssigkeiten dienende Küvette montiert war. In dieser Form (mit unwesentlichen Abänderungen) wird gegenwärtig der Apparat zur Untersuchung von Flüssigkeiten verwendet. Er hat wegen seiner vielseitigen Anwendbarkeit[3]) allgemein Eingang gefunden und ist bequem in der Handhabung, da die mit Trichter und Quetschhahn versehene Küvette ein schnelles Erneuern der Flüssigkeiten gestattet, ohne daß die Einstellung des Mikroskops geändert zu werden braucht.

Als Nachteil gegenüber den neueren sehr lichtstarken Dunkelfeldkondensoren[4]) machte sich eine geringere Helligkeit der Beugungsscheibchen bemerkbar, ein Nachteil, der allerdings durch das sehr vollkommene Dunkelfeld teilweise wieder kompensiert wurde.

Da die Helligkeit des im Ultramikroskop sichtbaren Beugungsscheibchens eines submikroskopischen Teilchens unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen dem Produkt der Quadrate der numerischen Aperturen von Beobachtungs- und Beleuchtungsobjektiv proportional ist[5]), so mußte bei gleichzeitiger Anwendung von Immersionsobjektiven höherer numerischer Apertur zur Beleuchtung wie auch zur Beobachtung ein beträchtlicher Helligkeitsgewinn zu erwarten sein.

Dieser Gedanke liegt der Konstruktion des hier beschriebenen und von der Firma Winkel-Göttingen gebauten Ultramikroskops zugrunde; der Realisierung desselben standen aber sehr erhebliche Schwierigkeiten technischer Art im Wege, die erst nach ca. zweijährigen Bemühungen[6]) überwunden werden konnten.

Es sei hier nur kurz erwähnt, daß Immer-

1) ib., S. 5.

2) Das Objektiv AA der Firma Zeiß.

3) Auch zur Beobachtung fester Körper, wobei die Küvette durch ein geeignetes, in der Höhe verstellbares Tischchen ersetzt wird.

4) H. Siedentopf, Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. **26**, 104—108, 1907; Verh. d. D. Phys. Ges. **12**, 6—47, 1910; Ann. d. Phys. (4) **39**, 1175—1184, 1912; W. v. Ignatowsky, Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. **25**, 64—67, 1908 und **26**, 387—390, 1909; F. Jentzsch, Verh. d. D. Phys. Ges. **12**, 975—992, 992—994, 1910.

5) Vgl. z. B. die Formel in Ann. d. Phys. **10**, 14, 1903.

6) Der Beginn der diesbezüglichen Arbeiten liegt um mehr als drei Jahre zurück.

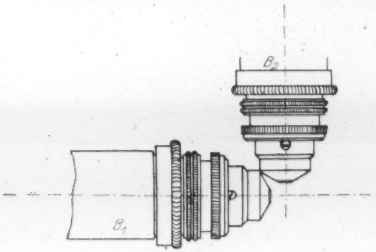


Fig. 2.

sionsobjektive, wie aus Fig. 2 ersichtlich, sich nicht so weit nähern lassen, daß eine Einstellung des Beobachtungsmikroskops auf ein vom Beleuchtungsobjektiv B_1 entworfenes Sonnenbild möglich ist; um dies zu erreichen, mußte ein Teil der Fassung, Frontlinse und Meniskuslinse weggeschliffen und das so geöffnete Objektiv wieder vollkommen flüssigkeitsdicht verschlossen werden. Wenn man zum Verschluß hinreichend dünne Metallblättchen wählt, so lassen sich die Objektive so weit nähern, als zur Einstellung erforderlich ist (Fig. 3). Aus verschiedenen Gründen war auch die Konstruktion eines neuen, diesem Zwecke angepaßten Objektivs hoher

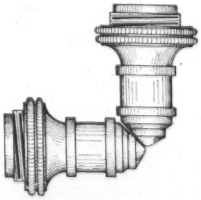


Fig. 3.

Apertur und nicht zu kleiner Brennweite, ferner diejenige eines neuen Stativs erforderlich.

Alle diese Aufgaben hat die Firma Winkel gelöst, und ich möchte nicht unterlassen, den Mitinhabern und dem wissenschaftlichen Mitarbeiter der genannten Firma meinen besonderen Dank für ihre eifrige und erfolgreiche Tätigkeit auszusprechen, insbesondere Herrn Albert Winkel und Herrn Hermann Winkel, die sich um Konstruktion der Objektive und des Stativs große Verdienste erworben haben.

Beschreibung des Apparats.

Das Ultramikroskop ist in seinen wesentlichen Teilen in Fig. 4 dargestellt. Das Beobachtungsobjektiv B_2 wird mittels Schlittens am Tubus T befestigt und kann eventuell durch andere von größerer oder geringerer Brennweite ersetzt werden.

Das Beleuchtungsobjektiv B_1 wird im Schlitten der Justiervorrichtung J bis zum Anschlag vorgeschoben; es kann leicht mit Hilfe zweier Schlitten $Schl_1$ und $Schl_2$ mit Mikrometerschrauben auf die optische Achse des Beobachtungsmikroskops eingestellt werden. Das Stativ A ist auf einem Eisentisch der optischen Bank befestigt, ähnlich wie beim Spaltultramikroskop (vgl. Fig. 8).

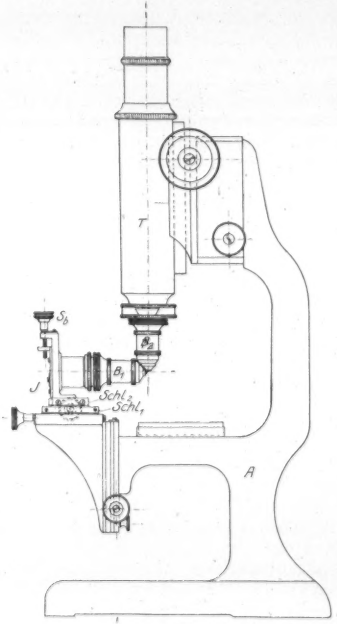


Fig. 4.

Zur Beleuchtung wie auch zur Beobachtung von Hydrosolen kommen nur Objektive für Wasserimmersion in Betracht.

Die gegenwärtig von der Firma R. Winkel ausgeführten und von mir bevorzugten Objektive haben eine Brennweite von 6 mm bei einer numerischen Apertur = 1,05[1]) und besitzen eine aus einem Stück geschmolzenen Quarzes angefertigte, stark überhalbkugelförmige Front-

1) Auch Objektive mit anderen Brennweiten und Aperturen sind ausgeführt worden.

linse, die vorn noch einen konisch geschliffenen Ansatz aus gleichem Material trägt. Dieser Ansatz erweitert die Frontlinse weit über das gewöhnliche Maß gegen den Beobachtungsraum.

Durch diese Neuerung wurden die folgenden Vorteile erreicht:

1. Verkürzung des in der Flüssigkeit zurückgelegten Weges der Lichtstrahlen (wichtig für die Untersuchung stark gefärbter Flüssigkeiten), Verbesserung der Korrektion.
2. Die Möglichkeit, ganz ohne Küvette zu arbeiten, da ein Flüssigkeitstropfen an den Frontlinsen der einander sehr genäherten Objektive hängen bleibt.
3. Vereinfachung und Verkleinerung der Küvette, falls man mit einer solchen arbeiten will, da die Fenster fortfallen. Der späterhin als Küvette bezeichnete, nicht unbedingt notwendige Bestandteil des neuen Ultramikroskops ist eigentlich nur ein Teil eines Flüssigkeitsgefäßes, der erst durch Anschluß an das Beleuchtungsobjektiv zur oben offenen Küvette wird.

Andererseits erfordert die Neuerung eine besonders behutsame Handhabung der Objektive, da die Frontlinse mittels des Ansatzes aus der Fassung hervorragt, durch diese also nicht mehr geschützt ist, so daß ein Stoß gegen den Ansatz Dezentrierung zur Folge haben könnte.

Da es anfangs öfter vorkam, daß Wasserdämpfe in den Raum zwischen Frontlinse und Meniskuslinse eindrangen, wurde von Herrn A. Winkel noch eine besondere Neuerung an diesen Objektiven angebracht: Frontlinse samt Fassung mit der aufgekitteten Metallfolie sind abziehbar, und der Raum zwischen beiden Linsen wird dadurch bequem zugänglich. Die Frontfassung trägt Schlitz und Führung und ist mittels Verschraubring festzustellen, so daß sie nach dem Öffnen stets wieder in die richtige Lage gebracht werden kann (vgl. Fig. 5).

Der übrige Teil der Beleuchtungseinrichtung kann entweder so angeordnet werden wie beim

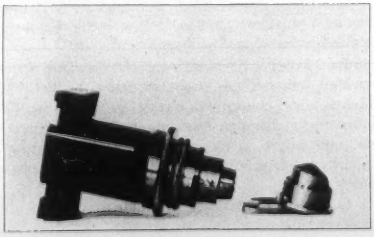


Fig. 5.

Spaltultramikroskop[1]), oder einfacher und für den Beobachtenden angenehmer, indem man das Bild der Lichtquelle direkt mittels eines oder zweier Objektive von geeigneter Brennweite in die Bildebene des als Kondensor benutzten Mikroskopobjektivs projiziert; der bekannten Bedingung der Ultramikroskopie[2]), das verkleinerte Bild der Lichtquelle nach der Tiefe hin so weit zu begrenzen, daß der durch die Zerstreuungskreise außerhalb der Einstellschicht liegender Teilchen entstehende Schleier die abgebildeten Beugungsscheibchen nicht überstrahlt, kann durch passende Wahl der Beleuchtungslinsen, die das verkleinerte Bild der Lichtquelle in der Bildebene des Kondensors entwerfen, leicht entsprochen werden.

Die in bezug auf Einfachheit idealste Art der Beleuchtung bestände allerdings darin, eine genügend kleine Lichtquelle in die Bildebene des Kondensors zu bringen und durch diesen allein im Präparat abzubilden. Der glühende Stift einer Nernstlampe würde für diesen Zweck sehr geeignet sein, wenn sein Licht eine genügend große spezifische Helligkeit besäße.

Wie man aus Fig. 6 ersehen kann, durchdringen sich Beleuchtungs- und Beobachtungs-

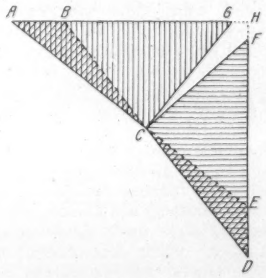


Fig. 6.

kegel teilweise, da die Öffnungswinkel über 90° betragen. Die vom Teil DGE des Beleuchtungskegels herrührenden Strahlen müssen daher abgeblendet werden. Man erreicht dies in einfacher Weise durch Benutzung der Blendenschraube S_b (Fig. 4). Der dadurch herbeigeführte Lichtverlust ist kein sehr großer, da ja nur ein Teil der von unten kommenden Strahlen abgeblendet wird, während die Apertur bezüglich der seitlich eintretenden Strahlen voll ausgenutzt wird.

Das im Ultramikroskop ohne Spalt wahrnehmbare Bild hat das in Fig. 7 dargestellte

1) Ann. d. Phys. **10**, 7, 1903.
2) loc. cit., S. 6.

Aussehen. Die beiden Lichtkegel *a* und *b*, der eine von den eintretenden, der andere von den austretenden Strahlen herrührend, berühren sich in der Zone engster Einschnürung (*c*). Dieser Zone entspricht das Bild der Lichtquelle und ihre Länge der Bildtiefe des verwendeten Systems[1]).

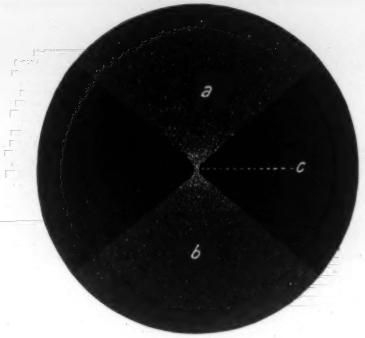


Fig. 7.

Auf diese engste Zone wird das Beobachtungsmikroskop eingestellt. Sie ist bei der hohen Apertur und der vollkommenen Strahlenvereinigung des angewendeten Kondensors zur Beobachtung von sehr kleinen Ultramikronen besonders geeignet. Tatsächlich konnten in ihr Teilchen wahrgenommen werden, die sich im Spaltultramikroskop der Beobachtung vollständig entzogen hatten. Größere Submikronen von Gold oder Silber leuchten in schönem Kontrast zur dunklen Umgebung und können, selbst wenn ihre Bewegung nicht durch Gelatinezusatz verlangsamt wird, durch Momentaufnahme als Pünktchen photographiert werden. Die Kontrastwirkung wird noch erhöht, wenn man mittels eines verstellbaren Okularspalts die Teile *a* und *b* des Lichtkegels abblendet.

Eine solche Präzisionsspaltblende mit Trommelteilung ist gleichfalls auf meine Anregung von der Firma R. Winkel konstruiert worden und vorteilhaft anwendbar bei der Auszählung ultramikroskopischer Teilchen, wo es darauf ankommt, die Größe des erleuchteten Raumes in bestimmter Weise abzugrenzen. Dieser Raum kann auf wenige μ^3 eingeengt werden, und man erreicht dadurch den Vorteil, die Kolloidlösungen nicht allzu weit verdünnen zu müssen.

Für Zwecke der Teilchenzählung bei Kolloidlösungen mit lebhaft bewegten Ultramikronen ist es zweckmäßig, den erleuchteten Raum nicht zu klein (etwa 100 μ^3) zu wählen. Man erreicht dies am besten durch Anbringung eines Präzisions-Bilateralspalts in der Bildebene des Kondensors B_1 und Beleuchtung desselben mit einem Fernrohrobjektiv von nicht zu kleiner Brennweite (Fig. 8). Der Spalt schneidet dann aus dem ziemlich großen Bild der Lichtquelle einen schmalen Streifen aus, der vom Kondensor B_1 im Präparat abgebildet wird (vgl. Fig. 9).

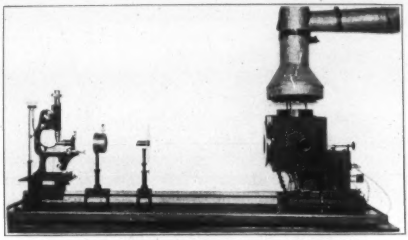


Fig. 8.

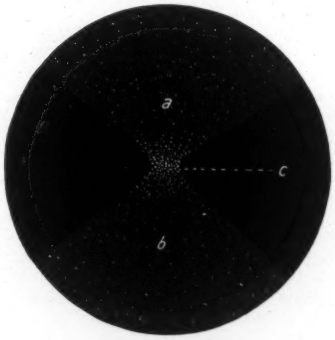


Fig. 9.

Die Breite bei *c* kann beliebig verengt oder erweitert werden; ebenso läßt sich die Tiefe des Spaltbilds beliebig variieren.

Bei richtiger Einstellung genügt es, wie schon erwähnt, einen Flüssigkeitstropfen auf die Frontflächen der beiden Objektive zu bringen, um sofort beobachten zu können. Sollte der Tropfen Neigung zeigen, an der Fassung des Beleuchtungsobjektivs herunterzulaufen, so ist diese etwas einzufetten.

Die Möglichkeit, im hängenden Tropfen die Beobachtung anstellen zu können, ist dort von Vorteil, wo es sich um Beobachtung von Flüssig-

1) loc. cit., S. 11.
2) Ann. d. Phys. 10. 11. 1903.

keiten handelt, die nur in geringer Menge zur Verfügung stehen. Man kann diesen Tropfen fortspülen und durch einen anderen ersetzen, ohne die Einstellung ändern zu müssen. Die Untersuchung ohne Küvette ist auch zu empfehlen, wenn es sich um ultramikroskopische Prüfung von zähflüssigen Hydrosolen, von Schleimen oder von Gallerten handelt. — In vielen Fällen wird man den Gebrauch eines Flüssigkeitsbehälters vorziehen.

Der hier zur Anwendung kommende Behälter wird vielleicht am besten charakterisiert, wenn man ihn mit der in der Abhandlung von Siedentopf und Zsigmondy beschriebenen Küvette[1]) vergleicht. Von dieser Küvette sind zunächst die beiden Quarzfenster entfernt und mit den Frontlinsen der Objektive vereinigt. Die Röhre zur Ableitung der Flüssigkeit fällt fort, und der übrige Teil der Küvette wird aus Metall und Hartgummi hergestellt und so umgestaltet, daß er die aus Fig. 10 ersichtliche Form erhält; er wird mit Hilfe der Fassung auf das Beobachtungsobjektiv geschoben. Die Flüssig-

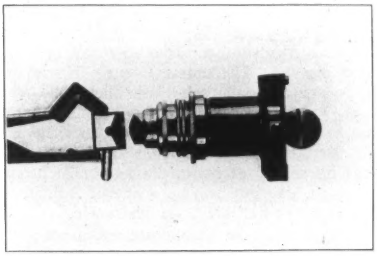


Fig. 10.

keitszuführung erfolgt von rechts unten durch ein mit Gummischlauch und Trichter verbundenes Silberrohr. Die einströmende Flüssigkeit fließt oben frei ab.

Über die Handhabung dieses Ultramikroskops soll demnächst berichtet werden. Zu seiner Bezeichnung möchte ich den Namen „Immersions-Ultramikroskop" in Vorschlag bringen.

Zur Beobachtung von Rubingläsern sind einseitig abgeschliffene Objektive für Homogenimmersion notwendig, deren Ausführung in Aussicht genommen ist.

1) Ann. d. Phys. **10**, 9 (Fig. 5), 1903.

Göttingen, im Juli 1913.

(Eingegangen 12. September 1913.)

Untersuchungen über die Brechungskoeffizienten einiger flüssigen Kristalle.

Von Walther Kreide.

Im Anschluß an die Untersuchungen von Herrn Professor Dorn[1]) über Cholesterylpropionat habe ich die Brechungskoeffizienten von Cholesterylchlorid und nitrobenzoesaurem Cholesteryl untersucht. Die Substanzen wurden mir von Herrn Professor Vorländer zur Verfügung gestellt, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen Dank ausspreche.

Die verwendeten Lichtarten waren:

Li-rot $\lambda_1 = 6708$ Å.-E.
Na-gelb $\lambda_2 = 5893$
Hg-grün $\lambda_3 = 5461$
Hg-blau $\lambda_4 = 4357$

Betreffs der Lichtquellen und des Heizapparats (Kupferapparat), sowie der Temperaturmessung verweise ich auf die Arbeiten von Herrn Professor Dorn[2]). Erwähnt sei nur, daß das von mir benutzte Thermometer auf ein in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüftes bezogen wurde, und die Temperatur des Doppelprismas bis 160° auf 0,4° richtig gab. Die Brechungskoeffizienten wurden in genauer Übereinstimmung mit den von Herrn Professor Dorn gefundenen ermittelt.

Ist nun der Brechungskoeffizient des Glases höher als der der zu untersuchenden Substanz, so findet man bei homogenem Licht eine Stellung, in welcher ein Teil des Gesichtsfeldes hell, der andere dunkel erscheint, und kann das Fadenkreuz auf die Grenze einstellen. Mit

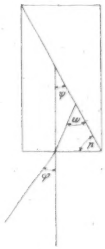


Fig. 1.

Hilfe eines unter 45° vor dem Okular befestigten Spiegels läßt sich das Fernrohr auf die Normale der Fläche einstellen.

Aus dem Winkel φ zwischen beiden Richtungen, dem Prismenwinkel p und dem Brechungs

1) E. Dorn, diese Zeitschr. **11**, 778, 1910.
2) E. Dorn und W. Lohmann, Ann. d. Phys. **29**, 537, 1909.

koeffizienten N des Glases ergibt sich derjenige der Substanz wie folgt, wenn man berücksichtigt, daß der Grenzstrahl in der Schicht streifend verläuft:

$$\sin \psi = \frac{\sin \varphi}{N}, \qquad (1)$$

$$\tilde{\omega} = \frac{\pi}{2} + \psi - \mu, \qquad (2)$$

$$n = N \cdot \cos \tilde{\omega}. \qquad (3)$$

Das verwendete Spektrometer gab 10″.

Cholesterylchlorid.

Nachdem die Substanz bis zum Schmelzpunkt erwärmt war, wurde sie der langsamen Abkühlung überlassen. Kühlte ich bis unter den Klärungspunkt ab, so erhielt ich eine scharfe Grenze, welche der streifenden Inzidenz entsprach. Bei Betrachtung durch einen Analysator erwies sich das durchgehende Licht als senkrecht zur Einfallsebene polarisiert. Wurden die Prismen vorsichtig gegeneinander verschoben, so waren zwei Grenzen unterscheidbar. Die eine stimmte mit der ohne Schiebung erhaltenen überein, das Licht war aber nunmehr nach der Einfallsebene polarisiert. Die zweite Grenze entsprach senkrecht zur Einfallsebene polarisiertem Licht.

In allen Fällen war die Beobachtung im gelben Licht am besten, im roten Licht am schlechtesten durchführbar. Fig. 2 zeigt die

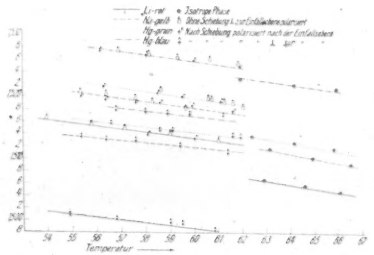


Fig. 2.

Brechungskoeffizienten in den vier Lichtarten. Die Lage der Polarisationsebene ist gleichfalls eingetragen.

Nitrobenzoesaures Cholesteryl.

Nahe dieselben Verhältnisse wie bei dem Cholesterylchlorid fanden sich auch bei dieser Substanz. Während jedoch bei dem Cholesterylchlorid wegen der geringen Höhe der dabei benötigten Temperaturen Prismen aus einem gelblichen Glas benutzt wurden, gelangten hier solche aus einem widerstandsfähigeren weißen Glas zur Anwendung. Außerdem mußten bei der Beobachtung von nitrobenzoesaurem Cholesteryl verschiedene Neuanordnungen getroffen werden. Bei dem Cholesterylchlorid nämlich wächst die kristallinisch-flüssige Phase von allen Seiten schnell über das ganze Gesichtsfeld, so daß nur eine Grenze, eben die der genannten Phase, erscheint. Dagegen geschieht das Anwachsen beim nitrobenzoesauren Cholesteryl nur langsam, meist von einer Seite aus; es bildet sich ein Streifen der Phase, der etwa ein Drittel des Gesichtsfelds einnahm. Um jedoch auch schon zu Anfang die Grenze der kristallinisch-flüssigen Phase zu bekommen, benutzte ich kleine Fenster mit verschieden großen quadratischen Öffnungen, teils aus schwarzem Papier, teils aus geschwärztem Blech bestehend. Diese Fensterchen wurden nun vorn auf den Heizapparat gesetzt, und so gelang es, jede beliebige Stelle des Gesichtsfelds einzeln zu untersuchen. Ohne diese Anordnung war es schwierig oder meist unmöglich, auf die gesuchte Grenze einzustellen.

Die kristallinisch-flüssige Phase hat hier eine ziemliche Ausdehnung. Sie erstreckt sich von 141° bis 77°. Die untere Grenze, bis zu der die Substanz kristallinisch-flüssig blieb, schwankte häufig. Manchmal wurde die Substanz schon bei 84° fest. Das lag an der verschiedenen Art der Abkühlung. Bei ganz allmählicher Abkühlung gelang es meist, die untere Grenze zu erreichen, dagegen trat bei schneller Abkühlung ungefähr bei 84° die feste Phase ein.

Fig. 3 zeigt die Brechungskoeffizienten und die Polarisationsrichtung für die vier Lichtarten.

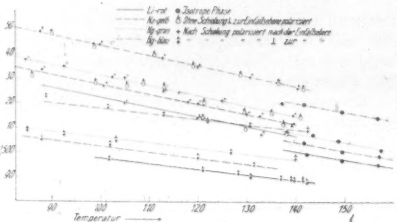


Fig. 3.

Eine Erklärung für diese Erscheinungen hat Herr Professor Dorn[1]) gegeben.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Physikalischen Institut der Universität Halle a. S.

1) E. Dorn, diese Zeitschr. 11, 779, 1910.

unter Leitung von Herrn Professor Dorn ausgeführt.

Halle a. S., Physikal. Institut, 6. August 1913.

(Eingegangen 7. August 1913.)

Die Glimmentladung in zylindrischen Feldern bei Atmosphärendruck.

(La décharge par lueurs dans les champs cylindriques sous la pression atmosphérique.)[1])

Von V. Schaffers.

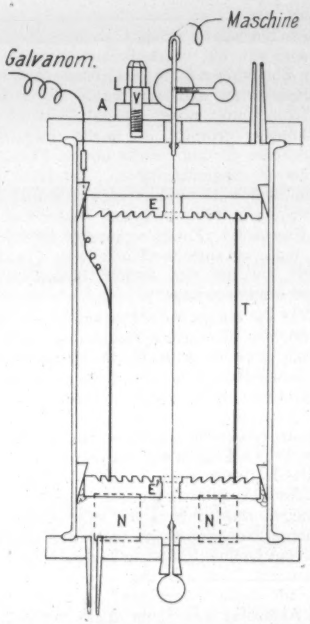
Die Theorie der elektrischen Entladungen in Gasen unter Atmosphärendruck oder im mäßigen Vakuum der Geißlerröhren ist nicht so weit vorgeschritten wie die solcher Entladungen, die in Gestalt von Anoden- und Kathodenstrahlen im äußersten Crookesschen Vakuum auftreten. Der Hauptgrund hierfür liegt in der Schwierigkeit, die Wirkungen der Ionen der beiden Vorzeichen voneinander zu trennen. Es erscheint durchaus angebracht, sich dieserhalb an die Glimmentladung zu wenden als an die Entladungsform, die man als durch den Transport von Ionen eines einzigen Vorzeichens bewirkt ansieht. Tatsächlich sind zahlreiche Arbeiten der Untersuchung des elektrischen Windes oder der Glimmentladung an Spitzen gewidmet worden. Leider kennt man in diesem Falle die Gestalt des Feldes nicht, und infolgedessen sind die gewonnenen Ergebnisse rein empirisch.

Das Feld rings um einen in der Achse eines Kreiszylinders ausgespannten Drahtes muß anscheinend für eine genaue Untersuchung weit geeigneter sein, denn seine Formel ist längst bekannt. Ungeachtet dieses Vorteils sind die über zylindrische Felder veröffentlichten Arbeiten überaus selten. Von denen, welche Durchbruchspotentiale behandeln, haben wir nur die Arbeit von Gaugain[2]) zu nennen, und von solchen, die vom Anfangspotential der Glimmentladung handeln, nur eine Arbeit von G. Jaumann[3]).

Einige Forscher, zum Beispiel Overbeck[4]), haben sich mit der Glimmentladung beschäftigt, die man an Drähten erhält, welche parallel zu schwach gekrümmten Flächen ausgespannt sind und Felder erzeugen, deren Formel von jener für zylindrische Felder wenig verschieden ist.

Apparatur.

Um regelmäßige Glimmentladungen zu erhalten, ist es bekanntlich[1]) notwendig, das gasförmige Medium häufig zu erneuern. Zu diesem Zwecke wurde der ganze Apparat von einem Glaszylinder umgeben (siehe Figur), in dem eine



während der Versuche ununterbrochen laufende Wasserstrahlpumpe einen beständigen Luftstrom unterhielt. Ich habe es mir sogar angelegen sein lassen, nach jeder Messungsreihe den Zylinder zu öffnen und die Metallröhre sowie den Faden jedesmal zu ersetzen; hierdurch war die vollständige Erneuerung der Atmosphäre im Innern gewährleistet. Die Röhren waren aus Messing, hatten eine Wandstärke von 0,15 cm, und waren innen leicht poliert. Sie wurden in kreisförmige Nuten von 0,5 cm Tiefe eingefügt, die in die Ebonitscheiben E und E' eingedreht waren. Die zu untersuchenden Drähte, die an beiden Enden von Metallklammern gehalten wurden, wurden einerseits in ein flach am oberen Deckel befestigtes Ebonitstück A, andererseits in einen in den unteren Deckel eingesteckten Kautschukstopfen eingeklemmt. Die Klammer ging durch den Stopfen hindurch und

1) Auszug aus einer demnächst in den „Ann. de la Soc. Scient. de Bruxelles" erscheinenden Abhandlung.

2) Gaugain, Ann. de Chim. et de Phys. (4) **8**, 75, 1866.

3) G. Jaumann, Wien. Ber. **47** (2), 1587, 1888.

4) Overbeck, Wied. Ann. **60**, 193, 1897.

1) E. Warburg, Wied. Ann. **40**, 1, 1890; R. J. Strutt, Phil. Trans. **193**, 377, 1900; Almy, Sill. Journ. (4) **12**, 175, 1901.

endete in einer Metallkugel. Die sehr dünnen Drähte wurden einfach durch das Gewicht einer kleinen Kugel gespannt; diese wurde leicht in einer konischen Vertiefung geführt, die in der oberen Fläche eines massiven Stopfens ausgespart war.

Die Einstellung erfolgte alsdann durch Einwirkung auf die obere Befestigung, die von einem Ebonitbügel L mit zwei Klemmschrauben V gehalten wurde, und zwar wurde der Faden in den Schnittpunkt zweier aufeinander senkrechter Durchmesser gebracht, die in die obere Fläche der Scheibe E und in die untere Fläche der Scheibe E' eingeritzt waren. Mit Hilfe einer passenden Beleuchtungsvorrichtung lieferte diese, allerdings ein wenig mühsame Einstellung sehr gute Ergebnisse. Einige ergänzende Einzelheiten wird man in einer ausführlicheren Mitteilung finden, die ich der Société Scientifique zu Brüssel vorgelegt habe[1]).

Was die übrige Apparatur angeht, so weicht sie von der klassischen Anordnung nicht ab, und ich habe es nicht für nötig erachtet, sie hier abzubilden. Eine von einem Elektromotor getriebene sechsplattige Influenzmaschine lieferte den Strom; eine Kapazität und ein Widerstand aus ganz trockenem, harzfreiem Holz schwächten dessen Schwankungen ab; die Spannung schließlich wurde durch einen in eine Glasröhre eingeschlossenen Spitzenregulator geregelt. Die Messungen wurden stets von zwei Beobachtern gleichzeitig vorgenommen, und zwar einerseits mit einem Drehspulgalvanometer nach Deprez-d'Arsonval, das auf der 1,70 m entfernten Skala für einen Strom von 0,3 Mikroampere einen Ausschlag von 1 mm ergab, andererseits mit einem Wulfschen Voltmeter mit Kondensatorplatte.

Selbst unter den besten Einstellungsverhältnissen haben sich bei dem Anfangspotential merkliche Abweichungen gezeigt, wie dies übrigens auch alle Forscher empfunden haben, die sich mit ähnlichen Messungen beschäftigt haben. Dieser unvermeidlichen Unsicherheiten wegen habe ich geglaubt, das Barometer und das Hygrometer nicht regelmäßig beobachten zu brauchen. Man kann indessen sagen, daß die Messungen fast immer unter einem Drucke vorgenommen worden sind, der zwischen 755 und 760 mm lag, sowie bei einem befriedigenden Feuchtigkeitsgehalt in dem geheizten Saale. Eine Änderung des Druckes um 5 mm verändert nun (wie in einer anderen Arbeit dargetan werden soll) das Anfangspotential im ungünstigsten Falle nur um weniger als $^1/_{150}$ seines Wertes.

1) Siehe Ann. de la Soc. Scient. de Bruxelles, 37. Jahrg., Heft 3, 1913.

Ebensowenig erschien es mir notwendig, den Entladungsverzug, etwa mit Hilfe einer Belichtung des Drahtes mit ultraviolettem Licht, aufzuheben.

Im allgemeinen wurden die Messungen zweimal ausgeführt. Die Genauigkeit ist also im ganzen ziemlich mittelmäßig; da aber der Gegenstand neu ist, haben die Ergebnisse als Orientierung für strengere Messungen eine beträchtliche Bedeutung. Wir werden übrigens sehen, daß sie zu mehreren wichtigen Gesetzen geführt haben, die anscheinend endgültig sind.

Ergebnisse.

Es wurden zwölf verschiedene Drähte untersucht. Deren Halbmesser sind in der ersten Spalte der Tabelle I aufgeführt und bewegen sich zwischen sehr weiten Grenzen, die zueinander im Verhältnis von 1 zu fast 1200 stehen. Die dünnen Drähte waren aus Platin, die dicken, von 0,0303 cm aufwärts, aus Aluminium. Sie wurden, mit Ausnahme der beiden feinsten, in fünf Röhren von 24 cm nutzbarer Länge angeordnet. Der Draht von 0,00038 cm konnte normalerweise in drei Röhren von 12 cm nutzbarer Länge untersucht werden (Halbmesser der Röhren: 0,85 cm, 1,85 cm und 2,85 cm); wir konnten ihn aber nicht lang genug erhalten, um ihn an beiden Enden aus den Zylindern von 3,85 cm und 5,85 cm Halbmesser herausragen zu lassen, die wir nur in 24 cm Länge besaßen. In diesen beiden Fällen wurde der mit einer Wachskugel belastete Draht frei in der Röhre aufgehängt, in der er ungefähr 18 cm weit herabhing. Wir sahen uns bei dem Faden von 0,0003 cm in allen Fällen zu diesem Vorgehen genötigt, weil dieser Faden noch viel brüchiger war als der vorgenannte. Dieser Draht ist nur zur Erinnerung mit aufgeführt, und die mit ihm gewonnenen Ergebnisse sind für die Berechnungen nicht mitbenutzt worden.

Das Arbeitsverfahren war folgendes: Zunächst waren sämtliche Apparate geerdet, und die Maschine wurde in Betrieb gesetzt; dabei wurde der Spannungsregler auf einen geringen Wert des Feldes eingestellt. Dann wurde die Verbindung des Drahtes mit der Erde unterbrochen und sein Potential durch Betätigung des Spannungsreglers nach und nach erhöht, wobei die Röhre stets auf dem Potential Null gehalten wurde. Sobald der Strom im Galvanometer einsetzte, wurden gleichzeitig die Stärke dieses Stromes und das zugehörige Potential verzeichnet. In dieser Weise setzten wir die Versuche mit steigendem Potential bis zum höchsten erreichbaren Werte fort. Gewöhnlich gingen wir dann bis zum Versagen des Stromes zurück.

Tabelle I.

Positive Anfangspotentiale in Volt.

Halbmesser r des Drahtes in cm	$b = 0{,}85$ cm	$b = 1{,}85$ cm	$b = 2.85$ cm	$b = 3.85$ cm	$b = 5{,}85$ cm
0,00030	(1871,2) (2014,7)	(2 161,4)	(2 304,8)	(2 562,4)	(2 802,8)
0,00038	1749	2 120	2 279	2 400	2 591
0,00127	2385	2 750	3 074	3 310	3 673
0,00176	2650	3 127	3 500	3 710	3 975
0,00385	3710	4 240	4 520	4 717	5 035
0,0099	5330	6 150	6 662,5	7 052	7 585
0,0151 Pt	5996	7 216	8 087	8 467	9 279
0,0151 Al	6150	7 278	7 995	8 446	9 184
0,0521	—	12 997	14 350	15 580	17 220
0,1000	—	—	19 926	21 587	24 805
0,1756	—	—	—	28 700	32 593
0,3500	—	—	—	—	40 338

Negative Anfangspotentiale in Volt.

0,00030	(1240,4) (1424,6)	(1 711,5)	(1 870)	(2 070,1)	(2 230,8)
0,00038	1457,5	1 643	1 802	1 954	2 161,4
0,00127	2200	2 491	2 782	2 968	3 284
0,00176	2544	2 925	3 180	3 392	3 710
0,00385	3551	4 055	4 341	4 558	4 929
0,0099	5297	5 945	6 662,5	7 175	7 687,5
0,0151 Pt	6357	7 646	8 138	8 887	9 553
0,0151 Al	6048	7 554	8 139	8 743	9 481
0,0303	—	10 660	11 685	12 300	13 325
0,0521	—	13 530	14 555	—	17 466

Zuallererst wird man bemerken, daß das positive Anfangspotential, während es bei den dünnen Drähten höher ist als das negative, merklich denselben Wert hat, wenn der Halbmesser 0,0099 cm, also etwa 0,01 cm erreicht, und dann bei größerem Halbmesser etwas kleiner wird. Bei der Untersuchung von Spitzen hat man zuweilen größere negative als positive Potentiale gefunden, aber man hat diese Ausnahmefälle als Störungen infolge einer zufälligen Ursache angesehen[1]).

Hier ist die Umkehrung eine systematische und der Übergang ein allmählicher.

Die Unregelmäßigkeiten sind bei den negativen Drähten viel stärker und häufiger als bei den positiven. Das steht mit den Beobachtungen in Einklang, die man zu allen Zeiten bei Untersuchungen über die Ausströmung aus Spitzen gemacht hat[2]).

Das Verhältnis zwischen dem positiven und dem negativen Anfangspotential wird somit keineswegs durch die gewöhnlichen Ionenbeweglichkeiten bestimmt, im Gegensatz zu der Annahme, die man bisher gern gemacht hat.

Um den Einfluß der Natur der Oberfläche zu untersuchen, benutzten wir vergleichsweise zwei Drähte mit demselben Halbmesser ($r = 0{,}0151$ cm), einen aus Platin, den anderen aus Aluminium. Bekanntlich weist im Vakuum das Kathodengefälle dieser beiden Metalle charakteristische Unterschiede auf. Obgleich diese Vergleichung verschiedentlich wiederholt wurde, hat sie doch nichts Definitives ergeben. Bei Atmosphärendruck ist der Unterschied auf alle Fälle klein und höchstwahrscheinlich null.

Die nachstehende Tabelle II gibt die auf Grund der Werte für das Anfangspotential berechneten Werte für das Anfangsfeld.

Bei den Drähten, deren Halbmesser größer als 0,00385 cm ist, sind die negativen Felder etwas höher als die positiven. Wie man sieht, ist das Anfangsfeld unabhängig vom Halbmesser b der Röhre, wenn der Halbmesser des Drahtes mindestens 0,00385 cm beträgt. Hieraus ergibt sich auf Grund der bekannten Formeln für ein zylindrisches Feld ohne weiteres, daß bei einem Drahte von gegebenem Halbmesser r das Anfangspotential proportional $\log \frac{b}{r}$ ist, und man findet empirisch, daß der Proportionalitätsfaktor gleich $30000 \cdot r^{0{,}7}$ ist. Wir erhalten somit schließlich für das Anfangspotential

$$V_i = 30000\, r^{0{,}7} \log \frac{b}{r}$$

1) z. B. Precht, Wied. Ann. **49**, 150, 1893; K. Wesendonck, Wied. Ann. **60**, 209, 1897; **65**, 1898; Pringsheim, Ann. d. Phys. (4) **24**, 1907.

2) a. a. O.

Tabelle II.

Positives Anfangsfeld in Kilovolt/cm.

Halbmesser r des Drahtes in cm	$b = 0{,}85$ cm	$b = 1{,}85$ cm	$b = 2{,}85$ cm	$b = 3{,}85$ cm	$b = 5{,}85$ cm	Mittelwerte
0,00038	597,3	658,4	673	685,7	708,1	
0,00127	289	297,8	313	325,6	343	
0,00176	243,9	255,7	269	274,4	279	
0,00385	178,7	178,5	178	177,5	177,9	178,12
0,0099	120,8	119	118,9	119,6	120,2	119,7
0,0151 Pt	98,58	99,51	102,3	101,3	103,1	100,96
0,0151 Al	101,1	100,4	101,1	101	102	101,1
0,0521	—	70	68,9	69,5	70	69,6
0,1000	—	—	50,5	59,2	61	59,9
0,1756	—	—	—	53,5	53	53,25
0,3500	—	—	—	—	41,1	

Negatives Anfangsfeld in Kilovolt/cm.

Halbmesser r des Drahtes in cm	$b = 0{,}85$ cm	$b = 1{,}85$ cm	$b = 2{,}85$ cm	$b = 3{,}85$ cm	$b = 5{,}85$ cm
0,00038	498	510	532	558	590
0,00127	266,6	269,6	284,3	291	307
0,00176	234	239	244,7	251	260
0,00385	171	171	170,8	171,6	174

und für das Anfangsfeld dementsprechend

$$R_i = 30000\, r^{-0{,}3}.$$

Bei den positiven Drähten finden wir diese Gesetze mit sehr bemerkenswerter Genauigkeit bestätigt. Beispielsweise können wir uns auf Grund der Tabelle II davon überzeugen, daß die Abweichungen von den Feldwerten in den einzelnen Röhren 1 v. H. nicht überschreiten. Bei negativem Vorzeichen würde der Zahlenwert der Konstante etwas größer sein.

Wird der Halbmesser größer und größer, so ist die Proportionalität mit $r^{0{,}7}$ und $r^{-0{,}3}$ weniger und weniger genau verwirklicht. An der Grenze, für $r = \infty$, strebt das Feld dem Werte 30000 Volt/cm zu, wie man sieht, wenn man die Kurve für die Feldstärke als Funktion des Halbmessers zeichnet. Das ist bekanntlich die Feldstärke, die man auch bei der explosiven Entladung zwischen Elektroden mit großem Krümmungshalbmesser findet. Dieses Ergebnis spricht zugunsten der Identität des Mechanismus der anfänglichen Ionisierung im Funken und in der Glimmentladung. Diese letztere Entladungsform geht übrigens in den Funken über, wenn der Halbmesser r genügend groß wird.

Bestätigung der Ionentheorie.

Der Potentialfall, der erforderlich ist, um einem Ion eine zur Ionisierung durch Stoß ausreichende Energie mitzuteilen, wird häufig als derjenige angesehen, welcher dem Kathodengefälle in verdünnten Gasen, also etwa 350 Volt für das negative Ion in Luft, entspricht. Was die Entfernung angeht, auf der er vorhanden sein muß, so nimmt man gern an, daß diese merklich gleich der Schichtdicke des Crookesschen dunklen Raumes ist, der das Glimmlicht von dem Metall trennt, oder auch gleich der Durchbruchsstrecke, die der kritischen Spannung entspricht. Unsere Messungsergebnisse stehen mit diesen Spezialhypothesen in vollkommenem Widerspruch. Es ist übrigens leicht, daraus den Wert für die Strecke d_{350} abzuleiten, auf der der Potentialfall von 350 Volt vorhanden ist. Nimmt man als Einheit 10^{-3} cm, so erhält man für diese Strecke die Werte der Tabelle III.

Es entspricht mithin in dem Augenblicke, wo die Entladung beginnt, der Potentialabfall von 350 Volt Strecken, die sich — innerhalb der Grenzen unserer Versuche — im Verhältnis von 1 zu mindestens 10 ändern.

In einer anderen Arbeit haben wir durch direkte Messung festgestellt, daß das Glimmlicht eine Gesamtdicke von nahezu 0,07 cm, vom Drahte aus gerechnet, hat, und andererseits, daß die Kurve der mit der Sonde gemessenen Spannung als Funktion der Entfernungen darauf hinweist, daß die Ionisation bei einem Abfall von 1500 bis 1700 Volt bei etwa 0,03 cm anfängt und bei etwa 0,06 cm aufhört[1]).

1) V. Schaffers, C. R., 21. Juli 1913; Ann. de la Soc. Scient. de Bruxelles, 37. Jahrg., Heft 3, 1913. In der letztgenannten Mitteilung wird man auch mehrere empirische Gesetze finden, von denen hier nicht die Rede sein wird

Tabelle III.

$d_{350} \times 10^3$ (positiv), in cm.

Halbmesser r des Drahtes in cm	$b = 0{,}85$ cm	$b = 1{,}85$ cm	$b = 2{,}85$ cm	$b = 3{,}85$ cm	$b = 5{,}85$ cm	Mittelwerte
0,00038	1,399	1,164	1,116	1,079	1,016	
0,00127	2,029	1,94	1,787	1,671	1,567	
0,00176	2,22	2,074	1,925	1,876	1,834	
0,00385	2,556	2,557	2,572	2,578	2,559	2,564
0,0099	3,36	3,43	3,429	3,41	3,39	3,404
0,0151	4,00	3,965	3,844	3,94	3,807	3,911
0,0521	—	5,257	5,34	5,29	5,246	5,283
0,10	—	—	5,96	6,10	5,91	5,99
0,1756	—	—	—	6,734	6,74	6,737
0,35	—	—	—	—	10,60	

$d_{350} \times 10^3$ (negativ), in cm.

0,00038	2,04	1,939	1,77	1,603	1,431	
0,00127	2,305	2,264	2,083	1,988	1,85	
0,00176	2,365	2,287	2,21	2,13	2,022	
0,00385	2,704	2,71	2,709	2,694	2,63	2,689
0,0099	3,391	3,57	3,429	3,342	3,34	3,414
0,0151	3,75	3,717	3,817	3,683	3,684	3,73
0,0303	—	4,381	4,418	4,478	4,449	4,442
0,0521	—	5,04	5,26	—	5,168	5,156

Tabelle IV.

Positiver Potentialabfall auf 0,03 cm.

Halbmesser r des Drahtes in cm	$b = 0{,}85$ cm	$b = 1{,}85$ cm	$b = 2{,}85$ cm	$b = 3{,}85$ cm	$b = 5{,}85$ cm	Mittelwerte
0,00038	995,7	1094	1119	1140	1177,5	
0,00127	1174,3	1209,3	1276	1336	1367,6	
0,00176	1240,6	1300,7	1370	1395	1419	1345
0,00385	1404,3	1493,3	1486,9	1484	1494	1490,9
0,0099	1665,6	1639	1645	1648	1656	1650,7
0,0151	1618	1652,3	1688,6	1671,8	1703,7	1667
0,0521	—	1646,2	1630,6	1647	1659	1645,7
0,1	—	—	1560	1553	1598	1570
0,1756	—	—	—	1503	1466,3	1484,6
0,3500	—	—	—	—	1177,5	

Diese Messungen sind aber nur mit verhältnismäßig starken Strömen möglich. Dehnt man die Folgerungen auf das Einsetzen des Stromes aus, so nimmt man damit eine Extrapolation vor, auf die man sich nicht verlassen darf. Immerhin gebe ich hier die Werte für den anfänglichen Potentialabfall auf der Strecke von 0,03 cm an (Tabelle IV).

Mithin findet man selbst auf einer Strecke von 0,03 cm noch keinen absolut konstanten Potentialabfall, und es existiert tatsächlich keine Strecke, die dieser Bedingung genügte.

Gesetz für dünne Drähte.

Auf empirischem Wege haben wir indessen für dünne Drähte ($r \leqq 0{,}01$ cm) sehr interessante Beziehungen gefunden, in denen die Strecke 0,03 cm eine Rolle spielt. Bezeichnen wir mit a die Entfernung eines Punktes von der Achse, mit V_a das Potential in diesem Punkte, mit V_r das Potential auf dem Drahte, endlich mit r und b, wie oben, die Halbmesser des Drahtes und der Röhre, so liefern uns die Formeln für das zylindrische Feld für den Potentialabfall auf der Strecke a die Gleichung:

$$V_r - V_a = V_r \frac{\log a/r}{\log b/r},$$

und dieser Abfall ist, wie wir gesehen haben, nicht konstant.

Multipliziert man nun beide Glieder mit dem Verhältnis $\frac{\log b/r}{\log b/a}$, wobei man $(a-r) = 0{,}03$ cm annimmt, so findet man für die dünnen positiven Drähte bemerkenswert konstante Werte (Tab. V), deren allgemeines Mittel 2233 beträgt, und wir

Tabelle V.

Positive Werte der Konstante.

Halbmesser r des Drahtes in cm	$b = 0{,}85$ cm	$b = 1{,}85$ cm	$b = 2{,}85$ cm	$b = 3{,}85$ cm	$b = 5{,}85$ cm	Mittelwerte
0,00038	2300	2260,8	2199	2172	2159	2218,2
0,00127	2313,5	2160	2191	2203	2249	2223,3
0,00176	2312,5	2225,5	2251,6	2236,8	2204,7	2246,2
0,00385	2502	2304	2216	2166	2124	2262,4
0,0099	2428	2233,7	2158,5	2148	2103	2214,2
0,0151	2220,7	2125,8	2134,2	2083,3	2086,8	2130
0,0521	—	1898	1839,7	1841	1835,6	1853,6
0,1	—	—	1693	1670,6	1701	1688,2
0,1756	—	—	—	1548	1536	1542
0,3500	—	—	—	—	1213,1	1213,1

Negative Werte der Konstante.

0,00038	1917,3	1752	1733	1768,4	1800	1794,1
0,00127	2133	1956	1975	1975,4	1996,5	2007,2
0,00176	2239	2082	2046	2038	2058	2092,6
0,00385	2305	2203	2128,4	2093	2079	2179,7
0,0099	2413	2160	2158,5	2135	2148	2203
0,0151	2368,6	2252,5	2147,6	2186,6	2148,5	2220,8
0,0303	—	2143	2086	2036,4	2004	2067,3
0,521	—	1975	1866	—	1862	1901

können, dank den Formeln für das zylindrische Feld, schreiben:

$$(V_r - V_a)\frac{V_r}{V_a} = V_r \frac{\log\frac{a}{r}}{\log\frac{b}{a}} = 2233 .$$

Man beobachtet höchstens eine leichte Abnahme mit wachsendem Halbmesser der Röhre.

An den negativen Drähten findet sich, wie aus Tab. V hervorgeht, das vorstehende Gesetz nicht bestätigt.

Man kann den Gesetzen für dünne Drähte noch andere interessante Formen geben. Zunächst findet man, daß die negativen Anfangspotentiale, ebenso wie die um 350 Volt verminderten positiven, proportional $r^{0,5} \cdot \log\frac{b}{r}$ sind. Man erhält:

$$V_b - 350 = V_u = 10^4 \cdot r^{0,5} \log\frac{b}{r},$$

gemäß der Tabelle VI.

Tabelle VI.

$$\frac{V_b - 350}{r^{0,5} \log\frac{b}{r}}.$$

Halbmesser r des Drahtes in cm	$b = 0{,}85$ cm	$b = 1{,}85$ cm	$b = 2{,}85$ cm	$b = 3{,}85$ cm	$b = 5{,}85$ cm
0,00038	9311	10832	11 100	11 160	11 933
0,00127	8800	9270	9 963,6	10 378,5	11 077
0,00176	8900	9514	10 161	10 414	10 652
0,00385	10052	10177	10 190,6	10 218	10 315
Mittelwerte:	9266	9948	10 354	10 540	10 994

Der Proportionalitätskoeffizient zeigt eine geringe systematische Änderung mit dem Halbmesser b. Man könnte diese zum Verschwinden bringen, wenn man eine Potenz von b mit gebrochenem Exponenten einführte. Interessanter ist der Versuch, $\log\frac{b}{r}$ durch $\log\frac{b}{a}$ zu ersetzen, wie dies oben geschehen ist. Dann erhält man in der Tat ein allgemeineres Gesetz. Das wird die folgende Tabelle VII lehren.

Tabelle VII.

$$\frac{V_p - 350}{r^{0,4} \log \frac{b}{a}}.$$

Halbmesser r des Drahtes in cm	$b = 0{,}85$ cm	$b = 1{,}85$ cm	$b = 2{,}85$ cm	$b = 3{,}85$ cm	$b = 5{,}85$ cm	Mittelwerte
0,00038	9811,6	10179,7	9924,5	9673,3	10936,5	10105
0,00127	8893,4	8488,6	8735,4	8864,6	9148,8	8826
0,00176	8884,7	8637,3	8865	8881	8795,5	8812,7
0,00385	—	8992,1	8703,9	8540	8393	8657

Die negativen Anfangspotentiale liefern dasselbe Ergebnis mit einer etwas größeren Konstante. Wir erhalten schließlich, wenn wir das Mittel bilden:

$$V_p - 350 = V_n = 8900\, r^{0,4} \log \frac{b}{a}$$

als Gesetz für das Anfangspotential an dünnen Drähten.

In Wirklichkeit hat diese Formel ein sehr beschränktes Anwendungsbereich. Der Draht von 0,00385 cm Halbmesser gehorcht ihr schon nicht mehr, und wir haben ja gesehen, daß er dem Gesetze der Proportionalität mit $\log \frac{b}{r}$ folgt. Überdies weicht der Draht von 0,00038 cm vollständig von obigem Gesetze ab und folgt einem ganz anderen, dem sich auch bereits der Draht von 0,00127 cm anzupassen scheint. Dieses Gesetz wäre:

$$V_p - 350 = V_n = 1255\, r^{0,5} \log^2 \frac{b}{r},$$

wie aus nachstehender Tabelle VIII hervorgeht.

Tabelle VIII.

$$\frac{V_p - 350}{\log^2 \frac{b}{r}}.$$

Halbmesser r des Drahtes in cm	$b = 0{,}85$ cm	$b = 1{,}85$ cm	$b = 2{,}85$ cm	$b = 3{,}85$ cm	$b = 5{,}85$ cm	Mittelwerte	Quotient durch $r^{0,5}$
0,00038	124,6	130	128,4	127,7	127,7	127,7	6549
0,00127	255	240	242,5	244,2	247,6	245,8	6904
0,00176	319,4	304,2	305,8	311,8	292,1	306,7	7300

$$\frac{V_n}{\log^2 \frac{b}{r}}.$$

0,00038	129	120,8	120	121,8	123,3	121,5	6230,8
0,00127	275	249	247,7	244,8	244,7	246,6	6927
0,00176	(353,3)	320,3	308,7	304	299	308	7333

Mit dem Drahte von 0,00127 cm Halbmesser sind wir also an der Schwelle eines dritten Gebietes angelangt, nämlich des Gebietes sehr feiner Drähte. Alles scheint darauf hinzuweisen, daß dieses Gebiet mit dem Gebiete des kritischen Durchbruchsphänomens identifiziert werden muß. In der Tat sind dort die Anfangsfelder von derselben Größenordnung, ebenso wie die Strecken, auf denen der Abfall von 350 Volt erfolgt. Überdies sieht man, wie die Kurve für das Anfangspotential, die bis hierher mit abnehmendem r regelmäßig sinkt, ihren Abfall verlangsamt und, wenigstens bei positivem Vorzeichen, eine Art Knick oder Absatz bildet, der an den Wiederanstieg der Kurven für das kritische Durchbruchspotential erinnert. Wir haben sogar an dem Draht von 0,0003 cm Halbmesser höhere Anfangspotentiale gefunden als an dem von 0,00038 cm, aber diese Messungen verdienen kein Vertrauen, weil die benutzten Drahtstücke zu kurz waren, was zu hohe Potentiale zur Folge hat. Spätere in Wasserstoff ausgeführte Messungen, die hier viel leichter und sauberer sind, bestätigen die vorstehende Deutung

Zusammenfassung.

Für $r \geq 0{,}01$ cm ist das Anfangspotential proportional $r^{0{,}7} \log \frac{b}{r}$; das Anfangsfeld ist hier unabhängig vom Halbmesser des Zylinders.

Für Werte von r zwischen 0,01 cm und ungefähr 0,001 cm sind das um 350 Volt verminderte positive Anfangspotential und das negative Anfangspotential proportional $r^{0{,}4} \log b/a$, wo $a = r + 0{,}03$ cm ist.

Für $r < 0{,}001$ cm sind die genannten Potentiale proportional $r^{0{,}5} \log^2 b/r$. Dieses letztgenannte Gebiet entspricht dem der kritischen Durchbruchsspannungen.

Im erstgenannten Gebiet sind die positiven Anfangspotentiale größer als die negativen, und in den beiden anderen Gebieten ist das Umgekehrte der Fall.

Der Grenzwert des Anfangsfeldes ist bei großem Drahthalbmesser 30000 Volt/cm, wie beim Funken.

Die Schichtdicke der Lichthaut ist vom Halbmesser des Drahtes unabhängig; sie hat den Wert 0,06 cm. Die Ionisierung scheint bei 0,03 cm zu beginnen. Diese beiden Daten kann man aber nur mit ziemlich starken Strömen erhalten, und man kann aus ihnen die Anfangsbedingungen nur durch Extrapolation herleiten.

Der anfängliche Potentialabfall auf 0,03 cm ist nicht konstant, und die Strecke, die einem Abfall von 350 Volt entspricht, ist es noch weniger. Die Ionisierung beginnt bei einem konstanten Abfall nicht auf einer festen Strecke.

Man kann hieraus schließen, daß die Masse der Ionen vom Halbmesser des Drahtes abhängt, ebenso wie sie vom Druck abhängt (Kathodenstrahlen usw.). Wir haben deshalb Versuche bei veränderlichem Druck in Angriff genommen, deren Ergebnisse demnächst veröffentlicht werden sollen.

Louvain, im August 1913.

(Nach dem Manuskript aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 21. August 1913.)

Beitrag zur nichteuklidischen Interpretation der Relativtheorie.

Von S. Mohorovičić.

Für die Zusammensetzung der Geschwindigkeiten in der Relativtheorie gelten die Formeln der sphärischen Trigonometrie für den Fall imaginärer Seiten[1]) bzw. die Formeln der hyperbolischen Geometrie[1]). So geht V. Varićak von der Substitution

$$\operatorname{th} u = \frac{v}{c} \qquad (1)$$

aus und zeigt, daß auch in der Relativtheorie die vektorielle Addition der Geschwindigkeiten gilt, wenn man als Basis die Geometrie von Lobatschefski annimmt.

Es ist bekannt, daß, wenn wir in der Relativtheorie zwei Geschwindigkeiten zusammensetzen, welche sich beliebig der Lichtgeschwindigkeit nähern, wir niemals zu einer Geschwindigkeit kommen können, welche gleich oder größer ist als die Lichtgeschwindigkeit c. Um das noch anschaulicher zu illustrieren, gehen wir von der Substitution (1) aus und setzen noch

$$\operatorname{th} u = \frac{\operatorname{th} u}{\operatorname{th} v}, \qquad (2)$$

und erhalten

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{th} u &= \varkappa v, \\ \operatorname{th} v &= \varkappa c, \end{aligned}\right| \qquad (3)$$

wo $\varkappa$ ein beliebiger Proportionalitätsfaktor ist, der der Bedingung $\varkappa < \frac{1}{c}$ genügt.

Nehmen wir in der hyperbolischen Ebene zwei Geraden, welche eine dritte Gerade in den Punkten A und A' unter einem Winkel von 90^0 schneiden (Fig. 1). Von diesen beiden Punkten angefangen gehen die beiden Geraden

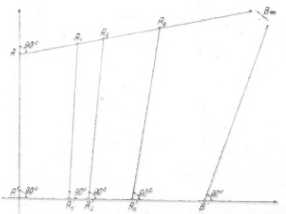


Fig. 1.

immer mehr auseinander. Es ist bekannt, daß auf jeder dieser beiden Geraden ein Punkt B' existiert von der Beschaffenheit, daß eine in diesem Punkte errichtete Senkrechte mit der anderen Geraden parallel ist, d. h. sie schneiden sich in dem unendlich fernen Punkte B_∞. Bezeichnen wir die Entfernung $\overline{A'B'} = v$ und die Entfernungen $\overline{A A_i} = u_i$ $(i = 0, 1, 2)$. Zwischen den gegebenen Längen u_i möge die Relation bestehen:

1) A. Sommerfeld, diese Zeitschr. 10, 828, 1909.

1) V. Varićak, diese Zeitschr. 11, 93—96, 287—293, 1910; Glas srpske kr. akademije knj. 83; Jahresber. d. D. Math.-Vereinigung 1912.

$$u_0 = u_1 + u_2. \qquad (4)$$

Suchen wir nun auf der zweiten Geraden $A'B'$ jene Punkte A_i', in welchen man Senkrechte errichten muß, welche die erste Gerade in den Punkten A_i schneiden, und bezeichnen $\overline{A'A_i'} = u_i$ $(i = 0, 1, 2)$. Zwischen den entsprechenden Stücken u_i und u_i besteht die Relation (2). Ist die Entfernung v im voraus gegeben, so ist damit auch die Entfernung $\overline{AA'} = w$ der beiden Geraden gegeben, weil

$$\operatorname{ch} w = \frac{1}{\operatorname{th} v}. \qquad (5)$$

Es ist immer $u_i \leqq v$ $(i = 0, 1, 2)$ und es fragt sich, welche Relation zwischen u_0 und u_1, u_2 besteht. Aus der Gleichung (4) folgt:

$$\operatorname{th} u_0 = \operatorname{th}(u_1 + u_2) = \frac{\operatorname{th} u_1 + \operatorname{th} u_2}{1 + \operatorname{th} u_1 \operatorname{th} u_2},$$

und mit Rücksicht auf (2) erhält man:

$$\operatorname{th} u_0 = \frac{\operatorname{th} u_1 + \operatorname{th} u_2}{1 + \dfrac{\operatorname{th} u_1 \operatorname{th} u_2}{\operatorname{th}^2 v}}. \qquad (6)$$

Diese Beziehung ist der Form nach gleich der Einsteinschen Formel für die Addition gleich gerichteter Geschwindigkeiten. Man sieht leicht, daß, wenn sich die Längen u_1 und u_2 der Länge v beliebig nähern, u_0 niemals größer als v werden kann. Aus der Gleichung (6) und aus der Substitution (3) erhalten wir auch unmittelbar die Einsteinsche Formel

$$v_0 = \frac{v_1 + v_2}{1 + \dfrac{v_1 v_2}{c^2}}. \qquad (7)$$

Dies ist die gesuchte Relation zwischen den Längen u_i.

Zu der allgemeinen Einsteinschen Formel gelangt man, wenn man in dieser Gleichung die Werte für die einzelnen hyperbolischen Tangenten aus (3) substituiert:

$$v_0 = \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2 v_1 v_2 \cos\alpha - \left(\dfrac{v_1 v_2 \sin\alpha}{c}\right)^2}}{1 + \dfrac{v_1 v_2 \cos\alpha}{c^2}}. \qquad (10)$$

Man sieht aus diesen Ausführungen, daß die Einsteinschen Formeln viel anschaulicher werden, wenn wir uns einer solchen orthogonalen Projektion bedienen.

Agram (Kroatien).

(Eingegangen 26. August 1913.)

Diesen Gedankengang können wir auch auf den Fall anwenden, wenn man Geschwindigkeiten zusammensetzen muß, deren Richtungen einen Winkel α miteinander schließen. Legen wir zu diesem Zweck durch jede der beiden Geraden AB_∞ und $A'B'$ je eine Ebene, welche normal zu der Geraden AA' steht (Fig. 2). Wir nehmen den Raum als konstant negativ

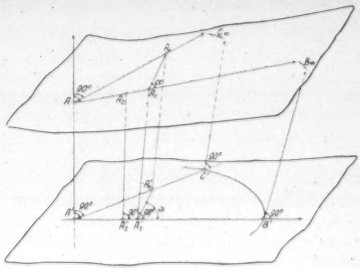


Fig. 2.

gekrümmt an. Aus der Fig. 2 sieht man, daß $\overline{A'C'} = \overline{A'B'}$; nehmen wir noch $\overline{AA_2} = \overline{A_1A_0}$ und $\overline{A'A_2'} = \overline{A_1'A_0'}$ und bezeichnen alles übrige mit denselben Buchstaben wie früher, d. h. $\overline{A'B'} = \overline{A'C'} = v$, $\overline{AA_i} = u_i$ und $\overline{A'A_i'} = u_i$ $(i = 0, 1, 2)$. Zwischen den Längen u_i besteht die Relation:

$$\operatorname{ch} u_0 = \operatorname{ch} u_1 \operatorname{ch} u_2 + \operatorname{sh} u_1 \operatorname{sh} u_2 \cos\alpha, \qquad (8)$$

und daraus folgt:

$$\operatorname{th} u_0 = \frac{\sqrt{\operatorname{th}^2 u_1 + \operatorname{th}^2 u_2 + 2 \operatorname{th} u_1 \operatorname{th} u_2 \cos\alpha - \left(\dfrac{\operatorname{th} u_1 \operatorname{th} u_2 \sin\alpha}{\operatorname{th} v}\right)^2}}{1 + \dfrac{\operatorname{th} u_1 \operatorname{th} u_2 \cos\alpha}{\operatorname{th}^2 v}}. \qquad (9)$$

Der freie Fall und die Planetenbewegung in Nördströms Gravitationstheorie.

Von M. Behacker.

Nordström hat eine dem Relativitätsprinzip mit $c =$ konst. entsprechende Gravitationstheorie geschaffen[1]). Es bezeichnen: $x, y, z, u = ict$ die Koordinaten eines Raum—Zeitpunktes in einem berechtigten System. Das Gravitationspotential Φ, ein vierdimensionaler Skalar, genügt der Potentialgleichung:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial u^2} = 4\pi f \gamma \qquad (1)$$

(f die Gravitationskonstante, γ die Ruhmassen-

1) Nordström, Relativitätsprinzip und Gravitation. Diese Zeitschr. 13, 1126, 1912.

dichte der Materie). Verstehen wir unter Y den Vektor der Vierergeschwindigkeit mit den Komponenten $\frac{dx}{d\tau} = \mathfrak{a}_x$, $\frac{dy}{d\tau} = \mathfrak{a}_y$, $\frac{dz}{d\tau} = \mathfrak{a}_z$, $\frac{du}{d\tau} = \mathfrak{a}_u$ (τ die Eigenzeit), so lautet die Bewegungsgleichung eines materiellen Punktes, dessen Ruhmasse m ist:

$$\text{Vektor der bewegenden Kraft} = \frac{d}{d\tau}(mY). \quad (2)$$

Nordström läßt nun zwei Auffassungen offen:

1. Es sei $-m\,\mathrm{Grad}\,\Phi$ der Vierervektor der auf den Massenpunkt wirkenden bewegenden Kraft. Dann muß man die Ruhmasse vom Gravitationspotential abhängen lassen und erhält hierfür folgende Beziehung:

$$m = m_0 e^{\frac{\Phi}{c^2}}.$$

2. Nicht $-m\,\mathrm{Grad}\,\Phi$, sondern die auf Y senkrechte Komponente hiervon soll der Vektor der bewegenden Kraft, die Ruhmasse m aber konstant, d. h. jedenfalls vom Potential unabhängig sein.

Bei beiden Formulierungen bekommt (2) die von der Masse des bewegten Punktes unabhängige Gestalt[1]):

$$-\mathrm{Grad}\,\Phi = \frac{dY}{d\tau} + \frac{1}{c^2}\frac{d\Phi}{d\tau}Y. \quad (3)$$

Um die vorliegende Theorie mit der Erfahrung zu vergleichen, wird im folgenden der freie Fall im leeren Raum und die Bewegung eines Planeten im Schwerefeld der Sonne behandelt werden.

I.

Das Schwerefeld werde als vollkommen homogen und der x-Achse parallel angenommen; es gelte also:

$$-\frac{\partial\Phi}{\partial x} = g, \quad -\frac{\partial\Phi}{\partial y} = -\frac{\partial\Phi}{\partial z} = -\frac{\partial\Phi}{\partial u} = 0,$$

dementsprechend ist $\frac{d\Phi}{d\tau} = -g\mathfrak{a}_x$.

Als Anfangsbedingung sei vorgeschrieben, daß für $t = \tau = 0$:

$$x = y = z = 0,$$

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{dz}{d\tau} = 0, \quad \frac{dy}{d\tau} = \frac{q}{\sqrt{1-\frac{q^2}{c^2}}}$$

sein soll. Die Bewegung eines diesen Bedingungen unterworfenen materiellen Punktes bestimmt sich also aus den Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} g &= \frac{d\mathfrak{a}_x}{d\tau} - \frac{g}{c^2}\mathfrak{a}_x^2 \\ 0 &= \frac{d\mathfrak{a}_y}{d\tau} - \frac{g}{c^2}\mathfrak{a}_x\mathfrak{a}_y \\ 0 &= \frac{d\mathfrak{a}_u}{d\tau} - \frac{g}{c^2}\mathfrak{a}_x\mathfrak{a}_u. \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

In der ersten Gleichung (4) lassen sich die Variabeln trennen:

$$\frac{d\mathfrak{a}_x}{1+\frac{\mathfrak{a}_x^2}{c^2}} - g\,d\tau = 0.$$

Daraus ergeben sich als Integrale:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{a}_x &= \frac{dx}{d\tau} = c\,\mathrm{tg}\frac{g\tau}{c} \\ x &= -\frac{c^2}{g}\,l\cos\frac{g\tau}{c} \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

in Übereinstimmung mit den Anfangsbedingungen.

Mit Benutzung des eben gefundenen Wertes für $\mathfrak{a}_x$ läßt sich die letzte Gleichung (4) schreiben:

$$\frac{d\mathfrak{a}_u}{\mathfrak{a}_u} - \mathrm{tg}\frac{g\tau}{c}\,d\frac{g\tau}{c} = 0$$

oder:

$$\frac{d\left(\frac{dt}{d\tau}\right)}{\frac{dt}{d\tau}} - \mathrm{tg}\frac{g\tau}{c}\,d\frac{g\tau}{c} = 0.$$

Daraus folgt:

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{1}{\cos\frac{g\tau}{c}}, \quad t = \frac{c}{g}\,l\,\mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{g\tau}{2c}\right). \quad (6)$$

Die zweite der Gleichungen (4) ist ebenso gebaut wie die dritte; ihre Integration ist analog durchzuführen. Man erhält unter Beachtung der für $\frac{dy}{d\tau}$ vorgeschriebenen Anfangsbedingung:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{a}_y &= \frac{q}{\sqrt{1-\frac{q^2}{c^2}}}\,\frac{1}{\cos\frac{g\tau}{c}} \\ y &= \frac{q}{\sqrt{1-\frac{q^2}{c^2}}}\,\frac{c}{g}\,l\,\mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{g\tau}{2c}\right) = \\ &= \frac{q}{\sqrt{1-\frac{q^2}{c^2}}}\,t. \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Zur Berechnung der Bahnkurven dienen uns die Beziehungen:

$$x = -\frac{c^2}{g}\,l\cos\frac{g\tau}{c},$$

$$y = \frac{q}{\sqrt{1-\frac{q^2}{c^2}}}\,\frac{c}{g}\,l\,\mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{g\tau}{2c}\right).$$

1) Nordström, l. c., Gleichung (6).

Wir schreiben:

$$x = -G\,l\cos\frac{g\tau}{c},\quad y = D\,l\,\mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{g\tau}{2c}\right)$$

$$\left(G=\frac{c^2}{g},\ D=\frac{q}{\sqrt{1-\frac{q^2}{c^2}}}\frac{c}{g}=\text{positive Konstante}\right).$$

Eine einfache Umformung ergibt:

$$\frac{x}{G} = -l\left[\cos\frac{g\tau}{2c}+\sin\frac{g\tau}{2c}\right]-l\left[\cos\frac{g\tau}{2c}-\sin\frac{g\tau}{2c}\right]$$

$$\frac{y}{D} = +l\left[\cos\frac{g\tau}{2c}+\sin\frac{g\tau}{2c}\right]-l\left[\cos\frac{g\tau}{2c}-\sin\frac{g\tau}{2c}\right].$$

Daraus folgt die Gleichung der Bahnkurven in der Gestalt:

$$2 = e^{-\left(\frac{x}{G}+\frac{y}{D}\right)}+e^{-\left(\frac{x}{G}-\frac{y}{D}\right)}.$$

Nach x aufgelöst:

$$x = G\,l\frac{e^{\frac{y}{D}}+e^{-\frac{y}{D}}}{2}. \qquad (8)$$

Setzt man in (8) die Reihenentwicklung an und vernachlässigt Glieder der Ordnung c^{-2} und höherer Ordnung, so hat man:

$$x = G\,l\left(1+\frac{1}{2}\frac{y^2}{D^2}+-\right) = \frac{G}{2}\frac{y^2}{D^2} = \frac{g}{2}\left(\frac{y}{q}\right)^2$$

in Einklang mit der klassischen Theorie.

Es ist beachtenswert, daß Einschränkungen, wie sie bei der ursprünglichen Abrahamschen Theorie notwendig sind[1]) (Unmöglichkeit eines endlich ausgedehnten homogenen Gravitationsfeldes von bestimmter Größe, obere Grenze für die Masse eines Sternes von der Dichte der Sonne) hier nicht in Betracht kommen.

II.

Wir gehen zur Behandlung der Bewegung eines Planeten im Schwerkraftfelde der Sonne über. Werden unsere Gleichungen auf ein mit der Sonne ruhendes Koordinatensystem mit dem Sonnenzentrum als Ursprung bezogen, so folgt aus (1) für das Potential:

$$\Phi = -\frac{Mf}{r},$$

wenn M die Masse der Sonne ist und mit r die Entfernung des als punktförmig gedachten Planeten vom Sonnenzentrum bezeichnet wird. Die Bewegungsgleichungen lauten jetzt:

$$\left.\begin{aligned}
-\frac{Mf}{r^3}x &= \frac{d^2x}{d\tau^2}+\frac{Mf}{c^2}\frac{1}{r^2}\frac{dx}{d\tau}\frac{dr}{d\tau}\\
-\frac{Mf}{r^3}y &= \frac{d^2y}{d\tau^2}+\frac{Mf}{c^2}\frac{1}{r^2}\frac{dy}{d\tau}\frac{dr}{d\tau}\\
-\frac{Mf}{r^3}z &= \frac{d^2z}{d\tau^2}+\frac{Mf}{c^2}\frac{1}{r^2}\frac{dz}{d\tau}\frac{dr}{d\tau}\\
0 &= \frac{d^2t}{d\tau^2}+\frac{Mf}{c^2}\frac{1}{r^2}\frac{dt}{d\tau}\frac{dr}{d\tau}.
\end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

1) Abraham, Der freie Fall. Diese Zeitschr. 13, 310, 1912.

Zur Abkürzung wird im folgenden $\frac{Mf}{c^2}=M$ gesetzt werden.

Dividiert man die letzte Gleichung durch $\frac{dt}{d\tau}$, ein Ausdruck, der nicht verschwinden kann, so läßt sie sich integrieren und liefert:

$$\frac{dt}{d\tau} = A'e^{\frac{M}{r}}. \qquad (10)$$

Nach der Definition der Eigenzeit ist

$$d\tau = dt\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}};$$

(10) kann daher geschrieben werden:

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = Ae^{-\frac{M}{r}} \qquad (10a)$$

($A = 1/A'$ die Integrationskonstante).

Die drei ersten Gleichungen (9) behandeln wir in gewohnter Weise. Wird die erste mit $-y$, die zweite mit x multipliziert und addiert, geht hervor:

$$x\frac{d^2y}{d\tau^2}-y\frac{d^2x}{d\tau^2}+\frac{M}{r^2}\frac{dr}{d\tau}\left(x\frac{dy}{d\tau}-y\frac{dx}{d\tau}\right)=0.$$

Oder:

$$\frac{d\left(x\frac{dy}{d\tau}-y\frac{dx}{d\tau}\right)}{x\frac{dy}{d\tau}-y\frac{dx}{d\tau}}+M\frac{dr}{r^2}=0.$$

Integriert:

$$\left.\begin{aligned}
x\frac{dy}{d\tau}-y\frac{dx}{d\tau} &= k_1e^{\frac{M}{r}}.\\
\text{Analog gilt:}\qquad\qquad\\
y\frac{dz}{d\tau}-z\frac{dy}{d\tau} &= k_2e^{\frac{M}{r}}\\
z\frac{dx}{d\tau}-x\frac{dz}{d\tau} &= k_3e^{\frac{M}{r}}.
\end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

Aus (11) schließt man, daß:

$$(k_1z+k_2x+k_3y)\,e^{\frac{M}{r}}=0.$$

Der Planet bewegt sich daher in einer durch die Sonne gehenden Ebene, die wir zu einer der Koordinatenebenen machen können — etwa zur xy-Ebene. Dadurch verringert sich die Zahl der Gleichungen (9) um eine, die auf die z-Komponente bezügliche fällt weg. Das schreiben wir aber nicht erst an, sondern wir notieren nur nochmals das auf die eben beschriebene Weise gewonnene Integral der beiden Gleichungen, das wir in Polarkoordinaten ausdrücken:

$$r^2\frac{d\vartheta}{d\tau} = k_1e^{\frac{M}{r}}.$$

Wie früher (10a) gefunden wurde, ist:

$$\frac{d\tau}{dt} = A e^{-\frac{M}{r}}.$$

Daher gilt der Flächensatz:

$$r^2 \frac{d\vartheta}{dt} = k_1 A = k. \qquad (12)$$

Nun kann die Bahnbestimmung ohne weiteres durchgeführt werden. Zu diesem Zwecke drücken wir in Gleichung (10a), die nichts anderes ist, als der Energiesatz, v^2 durch Polarkoordinaten aus. Sie lautet dann:

$$r^2\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = c^2\left(1 - A^2 e^{-2\frac{M}{r}}\right).$$

Dividiert man diese Beziehung durch das Quadrat von (12), so resultiert die Differentialgleichung der Bahn, die sich auf die Form bringen läßt:

$$d\vartheta = \frac{k\,dr}{r^2 \sqrt{c^2\left(1 - A^2 e^{-2\frac{M}{r}}\right) - \frac{k^2}{r^2}}}. \qquad (13)$$

Vernachlässigt man wieder die Glieder der Ordnung c^{-2} und höherer Ordnung, so verwandelt sich (13) in:

$$d\vartheta = \frac{k\,dr}{r^2 \sqrt{c^2(1 - A^2) + \frac{2c^2A^2M}{r} - \frac{k^2}{r^2}}}. \qquad (14)$$

Das ist aber die Differentialgleichung eines Kegelschnittes, bezogen auf den Brennpunkt als Koordinatenursprung.

Da der Flächensatz gilt, ist für die Zeit wieder die Keplersche Gleichung abzuleiten.

Um unsere Theorie in der Praxis anzuwenden, könnte man etwa versuchen, die Gibbsche Methode für die Bestimmung einer elliptischen Bahn aus drei vollständigen Beobachtungen[1]) in sie zu übertragen. Das wäre nur insofern eine überflüssige Arbeit, als der Sinn einer derartigen Methode ja der ist, eine geometrisch eindeutig bestimmte Kurve mit Verwendung physikalischer Hilfsmittel zu berechnen. Welcher Art diese physikalische Hilfsmittel sind, ist hier natürlich gleichgültig. Man wählt nur eine andere Konstruktion, um zu dem eindeutig gegebenen Resultat zu gelangen.

Kurz zusammengefaßt ist das Ergebnis der vorausgegangenen Betrachtungen:

Die Nordströmsche Gravitationstheorie gibt den freien Fall im leeren Raum und die Bewegung eines Planeten im Schwerefelde der Sonne in einer völlig der Erfahrung entsprechenden Weise wieder.

1) Vgl. etwa Klinkerfues, Theoretische Astronomie, S. 413. Braunschweig 1912.

Genf, am 1. September 1913.

(Eingegangen 3. September 1913.)

Über einige Beobachtungen an sekundären Röntgenstrahlen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von J. Laub.

Im folgenden werden einige Resultate mitgeteilt, die bei Versuchen mit sekundären Röntgenstrahlen erhalten worden sind; eine genauere Ausführung soll an anderer Stelle erfolgen.

Beim Auftreffen von Röntgenstrahlen auf Körper werden bekanntlich sekundäre Röntgenstrahlen und Kathodenstrahlen ausgelöst. Die grundlegenden Arbeiten von Barkla und Sadler haben erwiesen, daß man die Sekundärstrahlen[1]) in zwei wesentlich verschiedene Klassen einteilen kann, und zwar a) in zerstreute Strahlen, b) in Fluoreszenzstrahlen. Letztere sind als eine für das Atom charakteristische Eigenstrahlung anzusehen.

Es schien von Interesse zu sein, genau zu untersuchen, welche Beziehungen zwischen den Sekundärstrahlen — insbesondere zwischen den Fluoreszenzstrahlen und zwischen den gleichzeitig ausgelösten Elektronen — bestehen. Um möglichst einfache Versuchsbedingungen zu haben, ist es ratsam, homogene primäre Röntgenstrahlen und außerdem sehr dünne Blättchen als Radiatoren zu verwenden. Es wurden daher zuerst die Sekundärstrahlen untersucht, die entstehen, wenn Röntgenstrahlen von verschiedener Härte auf äußerst dünne Blättchen fallen; es wurde ferner beobachtet, wie sich die Sekundärstrahlung mit der Zunahme der Blättchenzahl und des Einfallswinkels ändert. Gebraucht wurden fünf verschiedene Röntgenröhren. Die durch einen feinen Spalt durchgelassenen Strahlen fielen auf Schirme, und es wurde mit einem Dolezalekelektrometer der Sättigungsstrom gemessen, den die auf der Vorderseite der Schirme ausgelösten Sekundärstrahlen in einem Ionisationszylinder erzeugten. Zur Untersuchung gelangten die vorläufig im Institut vorhandenen Goldblättchen, angefangen von äußerst dünnen, die im durchgehenden Licht grünliche Farben hatten, bis zu Dicken von 0,01 cm, ferner Silberschirme von der Dicke 0,00001—0,07 cm, Aluminiumschirme von der Dicke 0,0001—0,1 cm, Kupfer von 0,0009—0,05 cm, Eisen von 0,004 bis 0,2 cm, Blei von 0.05—0,2 cm, Platin 0,01 cm, Papier von 0,003—1 cm[2]).

Das Elektrometer wurde je nach Bedarf auf

1) Die sekundären Röntgenstrahlen sollen im folgenden als Sekundärstrahlen bezeichnet werden.

2) Den größten Teil der dünnen Blättchen verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Edgar Meyer in Tübingen. Die Platten, angefangen von 0,01 cm, waren chemisch rein (Kahlbaum) und wurden mir von meinem Kollegen Herrn Sorkau zur Verfügung gestellt.

größere oder kleinere Empfindlichkeit geschaltet; bei den Versuchen mit den dünnsten Blättchen betrug der Elektrometerausschlag rund 4000 Skalenteile pro Volt. Die Anwendung eines empfindlichen Elektrometers hatte manchen Vorteil; die Beobachtungszeit konnte je nach der Dicke und Natur des Strahls und je nach der Größe des Einfallswinkels sehr kurz gewählt werden, sie variierte zwischen 4 und 30 Sekunden. Der Charakter der Röntgenröhren blieb, ihrer kurzen Beanspruchung wegen, längere Zeit erhalten, was man an den immer konstanten Elektrometerausschlägen merken konnte. Da ferner die Schirme nur sehr kurze Zeit den Primärstrahlen ausgesetzt waren, verursachten die in der Luft zerstreuten Strahlen bei den meisten Versuchen keine wesentlichen Störungen (siehe jedoch unten).

Gegen die direkte Einwirkung der erregenden Primärstrahlen war alles selbstverständlich sehr sorgfältig geschützt; und so befand sich die Röhre in einem Bleikasten, die Wand, in der der Spalt angebracht war, bestand aus Bleiplatten, die eine Dicke von 1 cm hatten. Bei den harten Röntgenstrahlen war die Vorsichtsmaßregel durchaus angebracht.

Auch jede elektrostatische Störung war vollständig ausgeschlossen; besondere Kontrollversuche bewiesen das. Der Induktor, der bis 110 Volt und 4 Amp. gespeist und mit Turbinenunterbrecher betrieben wurde, war in einer mit dickem galvanisierten Eisenblech ausgeschlagenen Holzkiste eingeschlossen, sämtliche Leitungen gingen durch geerdete Metallröhren; Elektrometer und Batterie standen geerdet in Blechkisten. Die Drähte, die die Röntgenröhre mit dem Induktor verbanden, waren durch sehr dickwandigen, in Isolierband gewickelten Gummischlauch durchgesteckt.

Es zeigte sich, daß bereits von den dünnsten Blättchen, die untersucht wurden, eine Sekundärstrahlung ausging, wenn die Röntgenstrahlen streifend auffielen (5–10°). Mit zunehmendem Inzidenzwinkel nahm die Sekundärstrahlung rapid ab, und so konnte man z. B. bei den dünnsten Aluminium- und Papierblättchen nur dann noch einen Effekt finden, wenn der Winkel keine 30° überschritt. Mit zunehmender Dicke der Schirme trat die Sekundärstrahlung auch bei größeren Winkeln auf, und von einer bestimmten Dicke an, die vom Material abhängt, konnte man auch bei fast senkrechter Inzidenz (80—85°) Sekundärstrahlen feststellen.

Die Winkelfunktion[1]) ändert sich ferner stark mit der Härte der Primärstrahlen.

Bei der Analyse der Sekundärstrahlen konnte ich mich überzeugen, daß ihre Intensität besonders stark mit dem Winkel sich ändert, wenn eine Eigenstrahlung erzeugt wird. Es fanden sich auch Primärstrahlen, die an den untersuchten Metallplättchen eine vom Inzidenzwinkel unabhängige Strahlung hervorbrachten; das letztere trat ein, wenn keine merkliche homogene Strahlung vorhanden war.

Obwohl es schon a priori unwahrscheinlich war, daß die Winkelfunktion in einem Zusammenhang mit der Polarisation der primären Röntgenstrahlen stehe, wurde doch eine Reihe von Versuchen ausgeführt, bei denen die Röntgenröhren bzw. die Schirme so gerichtet waren, daß der elektrische Vektor in der Einfallsebene oder senkrecht dazu lag. Die Lage des elektrischen Vektors hatte keinen Einfluß auf die Resultate.

Bei der Verwendung von sehr harten Röntgenröhren und nicht allzu dünnen Metallblättern wurde bemerkt, daß die an Kupfer ausgelöste Strahlung stark vom Winkel abhing, und zwar in derselben Weise wie bei Primärstrahlen von mittlerem Durchdringungsvermögen, die bekanntlich in *Cu* eine sehr homogene Strahlung erzeugen. Es wurden daher die an *Cu* durch sehr harte Röhren ausgelösten Sekundärstrahlen analysiert, indem ihre Absorption in einem 0,1 mm dicken Aluminiumblatt nach dem Durchgang durch verschiedene Aluminiumschichten bestimmt wurde. Es zeigte sich, daß *Cu* noch eine andere, viel härtere homogene Strahlung aussendet als die von Barkla entdeckte und von ihm in die *K*-Reihe der Fluoreszenzstrahlen eingegliederte.

Störend waren bei den Versuchen mit sehr harten Röntgenröhren die in der Luft zerstreuten Strahlen, die ja sehr durchdringend sind und fast ungeschwächt durch Scheiben von 0,1 mm dickem Aluminium gehen und auf diese Weise leicht die Homogenität der am Metall erzeugten Sekundärstrahlen verschleiern. Es wurden daher luftdichte Kammern aus Kupfer, Zink, Eisen und Blei hergestellt, in denen entsprechend Schirme aus demselben Material untergebracht wurden. Die Kammern waren mit einer Gaedepumpe verbunden, die an den Schirmen hervorgerufenen Strahlen kamen nach dem Durchgang durch ein Aluminiumfenster in das Ionisationsgefäß. Mit dieser Anordnung fand ich auch bei Eisen und Zink eine sehr harte Eigenstrahlung.

In der folgenden Tabelle sind die Koeffizienten für die Absorption der harten Fluoreszenzstrahlen in Aluminium zusammengestellt. Es

1) Unter Winkelfunktion ist die Abhängigkeit der Strahlungsintensität vom Einfallswinkel der Primärstrahlen zu verstehen.

Tabelle 1.

Strahler	$\frac{\mu}{\varrho}$
Eisen	43,9
Kupfer	23,8
Zink	18,5

bedeuten μ den Absorptionskoeffizienten, ϱ die Dichte der absorbierenden Aluminiumschichten. Die in der Tabelle angegebenen Zahlen zeigen, daß sehr harte Röntgenröhren an Zink, Kupfer und Eisen eine viel durchdringungskräftigere Eigenstrahlung erzeugen, als die von Barkla mit K bezeichneten. (Die Barklaschen K-Strahlen liefern bei Eisen, Kupfer, Zink die Werte: $\frac{\mu}{\varrho} = 88{,}5,\ 47{,}7,\ 39{,}4$).

Um eine harte homogene Strahlung zu erhalten, ist es wesentlich, daß der Radiator nicht zu dünn ist.

Wichtig ist es auch, die weicheren primären Röntgenstrahlen in Aluminiumscheiben zu absorbieren, bevor sie auf den Strahler fallen.

Aus den Versuchen ergab sich, daß für die erwähnten harten Eigenstrahlen die Stokessche Regel gilt.

Ich untersuchte ferner die an Platin und Blei im Vakuum ausgelösten Sekundärstrahlen, wobei sich folgende Werte für $\frac{\mu}{\varrho}$ ergaben.

Tabelle 2.

Strahler	$\frac{\mu}{\varrho}$
Platin	21,5
Blei	16,2

Die Fluoreszenzstrahlen des Platins und Bleis gehören der Barklaschen L-Reihe an.

Die Abhängigkeit der Fluoreszenzstrahlen vom Einfallswinkel der Primärstrahlen läßt sich leicht erklären. Damit ein Körper eine merkliche Eigenstrahlung aussendet, müssen die erzeugenden Strahlen eine bestimmte Anzahl von Atomen durchqueren und den Elektronen eine bestimmte Energiemenge abgeben. Treffen die Primärstrahlen sehr dünne Blätter, so wird nur bei streifender Inzidenz so viel Energie absorbiert, daß genügend viele Elektronen in Resonanzschwingungen versetzt werden; mit zunehmendem Einfallswinkel gehen die Strahlen durch die Materie, ohne eine wesentliche Absorption zu erleiden, und lösen daher keine Sekundärstrahlen aus. Vergrößert man die Anzahl der Blättchen, so werden die Primärstrahlen auch bei größerem Inzidenzwinkel geschwächt und durch die Absorption wird eine meßbare Menge von Sekundärstrahlen erzeugt. Aber auch bei dicken Platten wird immer bei streifender Inzidenz die größte Anzahl der Sekundärstrahlen in das Ionisationsgefäß gelangen, denn bei der Zunahme des Einfallswinkels müssen die ausgelösten Strahlen größere Strecken zurücklegen, bevor sie an die Oberfläche kommen; sie werden daher stärker absorbiert und gelangen nicht zur Messung.

Die Abhängigkeit der Strahlungsintensität vom Einfallswinkel ist aber auch — wenn auch nicht in so ausgeprägtem Maße — bei Substanzen gefunden worden, von denen bis jetzt angenommen wird, daß sie die Röntgenstrahlen nur zerstreuen; es scheint also, daß die Röntgenstrahlen größere Strecken zurücklegen müssen, auf denen sie zerstreut werden (innere Zerstreuung). Wahrscheinlich senden aber auch die Substanzen mit kleinem Atomgewicht eine charakteristische Strahlung aus; mit der oben erwähnten Versuchsanordnung wird es vielleicht möglich sein, unter Verwendung von sehr dünnen Aluminiumfenstern die Eigenstrahlung zu finden. Versuche in der Richtung sind im Gange. — Auch soll der Einfluß des Antikathodenmaterials untersucht werden.

Ist die obige Erklärung richtig, so kann man auch sagen, daß die Dicke desjenigen Körpers, der bei fast senkrechtem Einfallswinkel der Primärstrahlen gerade zu emittieren anfängt, die minimale Eindringungstiefe der Röntgenstrahlen (für das betreffende Material) angibt, die notwendig ist, damit eine meßbare Sekundärstrahlung entstehen soll.

Buenos-Aires, Departemento de Fisica del Instituto Nacional del Profesorado Secundario Anfang August 1913.

(Eingegangen 2. September 1913.)

Über die Streifen der Diffraktionsmaxima in den Interferenzdiagrammen der Röntgenstrahlen.

Von M. de Broglie.

Die Herren Wulff und Uspenski haben kürzlich[1]) eine rationelle Erklärung der Streifen gefunden, die sehr oft in den Interferenzdiagrammen der Röntgenstrahlen, namentlich bei denjenigen, die von der Reflexion herrühren, erscheinen. Bei der Untersuchung dieser Streifen waren Herr F. A. Lindemann und der Verfasser zu dem Schlusse gelangt, daß es sich wahrscheinlich nicht um Spektra handelte.

Die neuerlichen Arbeiten der Herren Bragg,

1) Diese Zeitschr. **14**, 783, 1913.

2) M. de Broglie, Comptes rendus 31 Mars, 14 Avril, 9 Juin 1913; Le Radium Juin 1913; M. de Broglie et F. A. Lindemann, Comptes rendus 13 Mai 1913.

Moseley und Darwin haben wieder die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, Spektra zu beobachten. Verfasser glaubt jedoch nicht, daß die Streifen mit den selektiven Reflexionserscheinungen dieser Beobachter zusammenhängen.

Zwei experimentelle Tatsachen stehen mit einer Erklärung, wie diejenige der Herren Wulff und Uspenski in gutem Einklang.

1. Die Streifen derselben Flecken haben

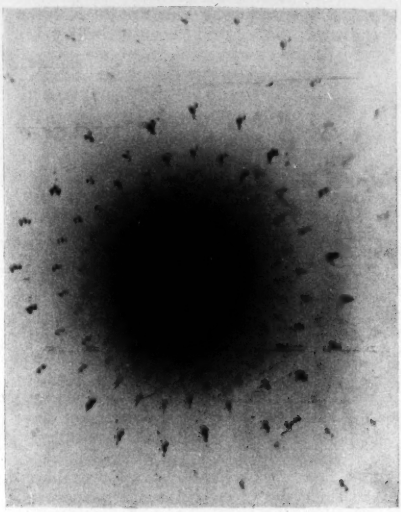


Fig. 1.

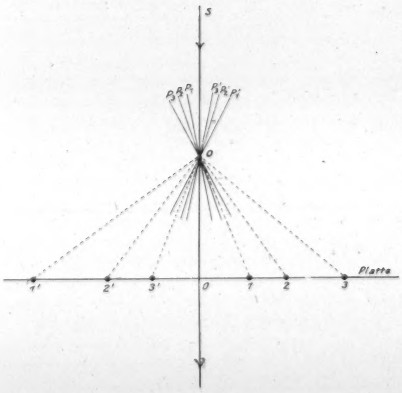


Fig. 2.

(photographisch gemessen) sehr ähnliche Absorptionen, sie dürften daher nicht von sehr verschiedenen Wellenlängen herrühren, währenddem die Absorption, die zwischen den verschiedenen Flecken stattfindet, sehr variabel ist.

2. In den Transmissionsdiagrammen, in welchen die Flecken zentral und symmetrisch um den Einfallsstrahl angeordnet sind, fallen die Streifen in bezug auf den Mittelpunkt nicht symmetrisch, sondern vielmehr parallel. Sie haben die Lagen 1, 2, 3, 1′, 2′, 3′ und nicht 3, 2, 1, 1′, 2′, 3′.

Wenn in Figur 2 $P_1 P_1'$, $P_2 P_2'$ und $P_3 P_3'$ die Flächen der Netzebenen dreier nicht vollständig parallelen Strukturteile darstellen, so wird der Einfallsstrahl auf einer zu ihm senkrecht stehenden Platte durch Reflexion die Bilder 1, 2, 3 und 1′, 2′, 3′ entwerfen.

13. August 1913.

(Eingegangen 15. August 1913.)

Die Streifungen im Interferenzbild der Röntgenstrahlen.

Von E. Hupka.

Die Herren Wulff und Uspenski haben sich kürzlich[1]) eingehend mit einer Erscheinung beschäftigt, die häufig in den Beugungsbildern der Röntgenstrahlen auftritt. Es handelt sich dabei um eine meist unregelmäßige, grobe Unterteilung der Interferenzflecke. Das Phänomen ist so augenfällig, daß es wohl niemandem entgangen ist, der über Kristallgitterbeugung arbeitet. Die Ursache wurde, soweit mir bekannt ist, überall in Strukturstörungen des Kristalls gesucht. Man kann den Effekt in gewissem Sinne mit dem Auftreten von „Geistern" im optischen Gitterspektrum vergleichen. Untersuchungen über denselben Gegenstand haben bereits früher die Herren de Broglie und Lindemann[2]) veröffentlicht.

Außer diesen verwaschenen Wiederholungen des Interferenzbildes erhält man bei sehr scharfem Brennpunkt auf der Antikathode noch andere, von den „Geistern", äußerlich wenigstens, völlig verschiedene Streifensysteme. Die Linien sind nicht breit und verschwommen wie oben, sondern messerscharf und absolut parallel. Sie heben sich von dem nicht selten, aus dem vorher angegebenen Grunde, unterteilten Interferenzfleck ab wie die Linien eines Spektrums vom kontinuierlichen Hintergrund. Die gleiche Beobachtung haben die Herren de Broglie und

1) G. Wulff und N. Uspenski, diese Zeitschr. **14**, 783, 1913.

2) M. de Broglie und F. A. Lindemann, C. R. **156**, 1461, 1913.

Lindemann[1]) gemacht, welche den Habitus der Erscheinung treffend durch die Worte charakterisieren: „Nous avons souvent observé deux types différents de franges; l'un d'eux, présentant des lignes nombreuses et serrées, pourrait correspondre à ce phénomène" (der Interferenz).

Es sei hier ausdrücklich betont, daß Herr Steinhaus und ich[2]) seinerzeit nicht behauptet haben, daß die Erscheinung auf einer Interferenzwirkung beruht. Wir haben lediglich einen theoretisch gangbaren Weg vorgeschlagen, der uns durch das Aussehen der Photogramme nahegelegt wurde. Auch auf andere Weise können solche Streifungen zustande kommen; so z. B., wenn die parallelen Kristallschichten nicht vollkommen eben, sondern leicht gewellt sind, was infolge geologischer Einflüsse immerhin möglich, ja beim Glimmer sogar wahrscheinlich ist. Leider lassen sich die Originalaufnahmen, wie schon früher bemerkt wurde, wegen der geringen Intensitätsunterschiede nicht photomechanisch reproduzieren. Herr Steinhaus und ich haben seinerzeit eine schematische Wiedergabe versucht, die gerade in dem, worauf es ankommt, zu wünschen übrig läßt. Mißverständnisse waren daher nicht ausgeschlossen. So ist es erklärlich, daß die Herren Wulff und Uspenski die durch Strukturstörungen im Kristall bedingten Bildwiederholungen mit den von uns beschriebenen Streifen verwechselten.

1) M. de Broglie und F. A. Lindemann, l. c.
2) E. Hupka und W. Steinhaus, Verh. d. D. phys. Ges. 15, 162, 1913.

Charlottenburg, 23. August 1913.

(Eingegangen 25. August 1913.)

Durchgang von Röntgenstrahlen durch Metalle.

Bemerkung zur Veröffentlichung des Herrn Hupka.

Von Paul Knipping.

Herr Hupka hat in dieser Zeitschrift (**14**, 623, 1913) einige Ergebnisse seiner Durchstrahlung von Metallen mit Röntgenstrahlen mitgeteilt. Ich bemerke zunächst, daß ich mich bereits vor mehr als einem Jahre mit derselben Materie beschäftigt habe. Da ich früher Gelegenheit hatte, mich mit metallographischen Fragen zu befassen, so glaube ich in der Lage zu sein, die von Herrn Hupka aufgestellten Vermutungen (wenigstens zu einem Teil) zu stützen, zu ergänzen, und einige neue (wie mir scheint, interessante) Tatsachen aus dessen Aufnahmen herauszufinden. Da es sich um metallographische Fragen handelt, so werde ich zunächst zur Orientierung ein paar Bemerkungen allgemeiner Natur vorausschicken und dann auf die Aufnahmen des Herrn Hupka zu sprechen kommen.

Wenn man eine Metallfläche mit einem geeigneten Lösungsmittel anätzt, so erscheint auf ihr die „Struktur" des betreffenden Metalles. Man findet, daß die vorher gleichmäßig (etwa poliert) gewesene Fläche unterteilt ist in mehr oder weniger große, ziemlich unregelmäßig begrenzte Felder, deren ein jedes die zutage tretende Oberfläche eines sogenannten „Kornes" darstellt. Ein solches Korn ist charakterisiert durch die gleiche räumliche Orientierung sämtlicher in ihm liegenden kleineren Strukturelemente, der Mikrokristalle. Ein jedes Korn repräsentiert also ein Kristallsplitterchen, in dem wir den gleichen Raumgitteraufbau wie bei richtigen Kristallen haben. In nebeneinanderliegenden Körnern ist die Orientierung der Mikrokristalle verschieden.

Die alte Methode zur Sichtbarmachung der Körner besteht darin, daß wir ein (am besten paralleles) **Licht**bündel auf eine angeätzte Fläche fallen lassen. Dann gelangt Licht nur von solchen Stellen ins Auge bzw. ins Mikroskopobjektiv, bei denen die reflektierenden Flächen der Mikrokriställchen eine ganz bestimmte Lage haben. Und zwar muß die Normale auf den Kristallflächen mit der Winkelhalbierenden zwischen einfallendem Strahl und Mikroskopachse identisch sein. Benachbarte Körner erstrahlen, entsprechend der verschiedenen Orientierung der Mikrokriställchen, in verschiedenem Glanz. Die Intensität der Reflexe ändert sich, wenn das Lichtbündel in einer anderen Richtung einfällt, oder wenn die Sehrichtung eine andere wird.

Bei der neuen Methode zur (wenn auch nicht Sichtbarmachung, so doch) Erkennung der Körner benutzen wir statt des Lichtes **Röntgenstrahlen**, welche durch diese Körner abgebeugt werden. Bei diesem Vorgang sind zwei Punkte von Wichtigkeit: 1. Die Größe der Körner und 2. ihre Anzahl an der von den Primärstrahlen getroffenen Stelle. Sind die Körner recht groß und liegen nur wenige im Primärstrahlenbündel, so erhalten wir klarere Beugungsbilder, als wenn viele und kleine Körner von dem Bündel getroffen werden. Sind die Körner so zahlreich und so winzig, daß eine sehr große Anzahl derselben gleichzeitig von den Primärstrahlen getroffen wird, so beobachten wir auf unserer photographischen Platte lediglich den Hof um den Zentralfleck herum. Es sei bei dieser Gelegenheit erinnert an die von uns (M. Laue, W. Friedrich, P. Knip-

ping)[1]) seinerzeit unternommenen Versuche mit $CuSO_4$-Pulver. Dabei ergab sich ein dem Charakter nach ähnliches Beugungsbild (Ber. Fig. 2; Ann. Fig. 3) wie Aufnahme 3 und 4 bei Herrn Hupka, als ziemlich grobes Pulver durchstrahlt wurde. War dagegen das Salz so fein wie nur möglich pulverisiert, so erhielten wir nur den verwaschenen Hof um den Fleck des Primärbündels herum, der ein ähnliches Aussehen zeigte wie die Aufnahme 1 bei Herrn Hupka. Die Metallkörner in ihrer wechselnden Größe und Orientierung sind also vergleichbar mit den gröberen oder feineren Kristallsplitterchen bei Kristallpulvern.

Betrachten wir nun die Aufnahmen des Herrn Hupka etwas genauer.

a) Zunächst wollen wir uns einmal vorstellen, wir durchstrahlen mit Röntgenstrahlen eine Folie von solcher Dünnheit, daß an der durchstrahlten Stelle in der Dickenerstreckung der Folie nur **eine Lage** von Metallkörnern vorhanden sei, ferner, daß das auffallende primäre Röntgenstrahlenbündel einen so kleinen Querschnitt habe, daß nur **ein** einziges Korn getroffen wird, so werden wir eine tadellose Beugungsfigur ohne störende Nebenbilder auf der Platte erhalten, die sich in keinem wesentlichen Punkt von einer Aufnahme unterscheidet, die mit einem Kristall erhalten wurde.

b) Je dicker wir aber das primäre Bündel annehmen, oder je dicker wir die durchstrahlte Metallschicht machen, um so mehr Körner werden gleichzeitig getroffen und senden gleichzeitig Sekundärstrahlen aus. Da nun die Orientierung der Kriställchen in den Körnern nicht die gleiche ist, so ergibt sich eine Übereinanderlagerung verschiedener Beugungsbilder, die gar nichts miteinander gemein haben, so daß schließlich

c) bei noch ungünstigeren Verhältnissen eine Verwaschung (Hof) eintritt, die um so größer ist, je mehr getroffene Körner vorhanden und je kleiner sie sind.

Der Fall a) scheint mir in ziemlicher Annäherung bei der Aufnahme 2 bei Herrn Hupka erreicht zu sein, jedoch ist über dieses Bild später noch mehr zu sagen. Bei Aufnahme 3 und 4 dürften wohl mehr die Verhältnisse des Falles b), bei Aufnahme 1 die von c) vorgelegen haben.

Bei sämtlichen Aufnahmen des Herrn Hupka, besonders bei 2 und 4, fällt die eigenartige Anordnung der Interferenzpunkte in die Augen. Eigentlich haben wir gar keine Interferenzpunkte vor uns, sondern diese sind zu langen, immer radial gerichteten Streifen mehr oder weniger auseinandergezogen. Leider liegt noch zu wenig Beobachtungsmaterial vor, und daher getraue ich mir nicht, eine Erklärung dieser eigenartigen Erscheinung schon jetzt zu geben.

Daß, wie auch Herr Hupka vermutet, durch eine Erhitzung des Materials das Beugungsbild (wenigstens in einem gewissen Grade) klarer und übersichtlicher wird, dünkt mir durchaus wahrscheinlich. Es ist ja von vielen Metallen bekannt, daß durch einen Erhitzungsprozeß die kleinen Körner zum Zusammenfließen gebracht werden, und daß so neue, größere Körner entstehen. Diese Verminderung der Anzahl und gleichzeitige Vergrößerung derselben an der durchstrahlten Stelle scheint mir vollkommen die von Herrn Hupka gefundene Vereinfachung des Beugungsbildes zu erklären. Bei hinreichend langem und hohem Erhitzen (aber unterhalb des Schmelz- oder eines etwaigen Umwandlungspunktes) wird die Struktur wohl in noch höherem Grade homogen, und ich nehme an, daß mit so behandeltem Material noch bedeutend bessere Bilder erzielt werden könnten.

Die Korngröße wächst, außer durch einen Erhitzungsprozeß, bei einigen Metallen, z. B. beim Blei[1]), „von selbst" bei bloßem, länger dauerndem Verweilen bei Zimmertemperatur, und zwar um so mehr, je länger das Material unbeansprucht gelagert hat. Ich vermute, daß dieser Vorgang auch bei Platin stattfindet, und glaube, daß Herr Hupka die schöne Aufnahme 2 einer Platinfolie zu verdanken hat, die lange Zeit hindurch unbenutzt gelegen hat. Das Fehlen der regulären Beugung bei Aluminium und Eisen kann, wie ja Herr Hupka schon bemerkt, seinen Grund haben in der schwächeren Fluoreszenzstrahlung, oder aber — was ich aus verschiedenen Gründen für wahrscheinlicher halte — in der Kleinheit der Körner bei diesen Metallen. Bearbeitetes Eisen hat bekanntlich ein sehr feinkörniges Gefüge. Vielleicht ließe sich durch eine Erhitzung etwas erreichen[2]).

Noch ein Punkt wäre zu erwähnen, und der scheint mir von Interesse zu sein: Der unzweifelhaft erkennbare sechsstrahlige Stern der Aufnahme 2 legt ein beredtes Zeugnis dafür ab, daß wir es in der Platinfolie mit **Kristallen**

1) Sitz.-Ber. Akad. München 1912, S. 315 und Ann. d. Phys. **41**, 982, 1913.

1) P. Knipping, Diss. München 1913.

2) Anmerkung bei der Korrektur: Kürzlich hat Herr H. B. Keene (diese Zeitschr. **14**, 903, 1913) eine kurze Mitteilung gemacht über seine Versuche betr. Durchgang von Röntgenstrahlen durch Metalle. Seine gelungenen Aufnahmen an Eisen- und Aluminiumblech bestätigen meine Anschauung.

zu tun haben, und zwar mit Gebilden, die dem regulären oder dem hexagonalen System angehören. Das letztere könnten wir ausscheiden, wenn es uns gelänge, an jener Platinfolie durch eine bestimmte Drehung derselben eine Aufnahme mit vierzähliger Symmetrie herzustellen. Da aber bereits bekannt ist, daß die Edelmetalle (im allgemeinen) kubisch kristallisieren, so brauchen wir jenen Versuch gar nicht erst anzustellen.

Aus der Symmetrie der Aufnahme 2 ist ferner ersichtlich, daß die Primärstrahlen sehr genau in der Richtung einer drei- bzw. sechszähligen Symmetrieachse verliefen. Da, wie Herr Hupka mir liebenswürdigerweise brieflich mitteilt, bei der betreffenden Aufnahme die Primärstrahlen die Folie senkrecht durchstrahlt haben, so ist daraus zu schließen, daß die Mikrokristalle eine ganz bestimmte Orientierung zur Oberfläche der Folie besessen haben. Und zwar lagen sie so, daß die Oberfläche der Folie im Prinzip von lauter Oktaederflächen gebildet wurde.

Dieser Punkt scheint mir besondere Beachtung zu verdienen. Einmal können wir nun gewisse Schlüsse über die Reibung an einer solchen Fläche ziehen. Und zweitens taucht die Frage auf, ob schon von vornherein die Mikrokriställchen so eigentümlich gelagert sind. Ich halte diese Annahme nicht für wahrscheinlich. Denn beim Auswalzen und Hämmern der Folie sind die vorhandenen größeren Körner sicher zerquetscht worden, so daß die Struktur der Folie unmittelbar nach ihrer Herstellung sehr feinkörnig gewesen ist. Nach dem darauffolgenden Ausglühen oder vielleicht auch nach längerem Lagern haben nun die vielen kleinen Körner, die vorher ganz regellos durcheinander lagen, ihre Orientierung geändert, und zwar in der Art, daß jetzt gleichwertige Achsen einander parallel verlaufen. Damit ist aus der großen Zahl der kleinen Körner ein einziges großes entstanden. Und nun ist das Auffällige, daß bei diesem Prozeß sich alle dreizähligen Achsen senkrecht zur Folienoberfläche richteten, so daß diese Fläche aus lauter Oktaederflächen besteht. Diese können möglicherweise verschiedene Höhenlage haben, so daß treppenartige Abstufungen auf der Folienfläche vorkommen. Einzelne Oktaederflächen ragen vielleicht weiter aus der mittleren Fläche heraus, vielleicht auch Würfel- oder Rhombendodekaeder- oder noch andere, kompliziertere Spitzen. Wenn über diese „Ebene" (denn sie kann hochglänzend poliert sein, wird aber doch einen ähnlichen wie oben beschriebenen, wohl submikroskopischen Charakter haben) ein zweiter Körper hinweggleitet, so werden alle die hervorragenden Würfelspitzen oder Oktaederteile usw. abgeschert, und zwar wohl derart, daß diese Abscherung parallel einer Oktaederfläche vor sich geht. Es leuchtet ein, daß wir bei diesem Versuche einen Reibungskoeffizienten erhalten würden, der für das Material und für die bestimmte Richtung der Scherung charakteristisch ist, nicht einen Durchschnittswert, wie solche sonst in den meisten Fällen (Härte, elastische Moduln, optische Konstanten, Ausdehnungskoeffizienten usw.) bei Metallen gemessen werden. Es ist einleuchtend, daß an einer solchen Fläche auch andere Konstanten exakt gemessen werden könnten.

Die merkwürdige „Drehung" (ob es eine solche ist oder ein Umkristallisieren, ist noch nicht zu entscheiden) der Mikrokriställchen läßt auf bedeutende Kräfte schließen, die an der Grenzfläche zwischen Metall und Luft vorhanden sind. Man wird hierbei lebhaft an die Fragen bezüglich Kapillarität und Oberflächenenergie beim Wachstum der Kristalle[1]) erinnert. Es ist noch wissenswert, wie groß die Stelle war, an der die Mikrokriställchen diese eigenartige Lage aufwiesen. Herr Hupka schreibt mir dazu, daß die Blende für die Primärstrahlen eine Weite von 4 mm besessen habe. Also auf einer Fläche von sechs Quadratmillimetern war jene merkwürdige Orientierung vorhanden!

Ich bedaure es, daß nicht mehr Beobachtungsmaterial vorliegt. Ich selbst habe zurzeit keine Gelegenheit, derartige Fragen zu untersuchen, und vor einem Jahr konnte ich nur zwei Aufnahmen machen, die ich noch kurz erwähnen will: Es wurde durchstrahlt ein „Bleibaum" und ein Stück langsam niedergeschlagenes Elektrolytkupfer. Beide, besonders das erste, zeigten in ähnlicher Weise wie Aufnahme 2 des Herrn Hupka, daß die Präparate in der Richtung einer drei- bzw. sechszähligen Symmetrieachse durchstrahlt worden waren, und daß diese Richtung senkrecht stand auf der Oberfläche der Objekte.

1) Groth, Physikalische Kristallographie. 1905. S. 261 ff.

Neuwied/München, Mitte Juli 1913.

(Eingegangen 27. August 1913.)

Notiz über die Konstruktion empfindlicher Thermosäulen.

Von E. S. Johansen.

In dieser Zeitschrift hat Herr W. W. Coblentz kürzlich einen interessanten Bericht[1]) über Ver-

1) W. W. Coblentz, diese Zeitschr. **14**, 683, 1913; auch Phys. Rev. (2) 1, 480, 1913 und Bull. Bur. Stand. **9**, 7, 1912.

suche mit empfindlichen Thermosäulen gegeben, in dem er zugleich die Konstruktion meiner Vakuumthermosäule kritisiert. Die Kritik des Herrn Coblentz scheint mir indessen auf dem Mißverständnis begründet zu sein, daß ich die für die Vakuumthermosäule angegebene Montierung auch für eine sich in der Luft befindliche Thermosäule empfehlen will, sonst ist es mir nicht verständlich, wie die Zimmerluft das Rosten und „Kriechen" der sich im hohen Vakuum befindenden Thermosäule hervorrufen kann. Da ich mich in meiner Abhandlung[1]) etwas kurz gefaßt habe, möchte ich, durch die Abhandlung des Herrn Coblentz veranlaßt, die Gründe, die mich zur Annahme des Konstruktionsprinzips für das Vakuum geführt haben, näher auseinandersetzen.

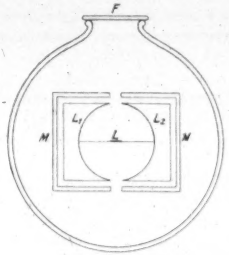


Fig. 1.

Fig. 1 soll schematisch einen horizontalen Durchschnitt meiner Thermosäule geben. L ist die bestrahlte Lötstelle, L_1 und L_2 sind die „kalten" Lötstellen. Letztere sind relativ große symmetrische Kupferklötze, die zusammen die bestrahlte Lötstelle völlig umschließen mit Ausnahme der für die Bestrahlung notwendigen Spalten. Die Metallhülle M hat außer zwei Spalten nur zwei Löcher, durch welche die Zuleitungsdrähte zu den „kalten" Lötstellen isoliert eingeführt sind. Das Ganze befindet sich in einem hoch evakuierten Glasgefäß mit dem für die Strahlung notwendigen Steinsalz-, Flußspat- oder Quarzfenster F. Dieser Konstruktionstypus wird im folgenden als Typus I bezeichnet.

In Fig. 2 ist eine Thermosäule mit Kompensationslötstellen skizziert. Die kalten Lötstellen sind hier von derselben Größe wie die bestrahlten. Beide sind im Metallkasten K eingeschlossen. Die kalten Lötstellen stehen hier so wenig wie möglich in direkter Verbindung mit dem tragenden Rahmen und dem Kasten K. Wir haben in der Figur die Verhältnisse so idealisiert, daß diese Verbindungen vollständig weggelassen sind. Was durch den Kasten verborgen wird, ist in der Figur punktiert. Eine solche Thermosäule ist zuerst von Herrn Professor H. Rubens[1]) konstruiert. Da die Temperatur der Lötstellen, wenn in der Luft, hauptsächlich von der sie umgebenden Luft bestimmt wird, bietet diese Konstruktion (weiterhin als Typus II bezeichnet) Typus I gegenüber den großen Vorteil, daß die Temperaturschwankungen der Zimmerluft sich gleich schnell den bestrahlten und den kalten Lötstellen mitteilen und deshalb nicht die Nullage stören[2]). Wie sich aber im Vakuum die zwei Typen verhalten, wollen wir jetzt diskutieren.

1. Wir wollen zuerst die Bedingungen für eine konstante Nullage vergleichen. Die Einflüsse auf die Nullage rühren teils von den Temperaturverhältnissen in der Thermosäule selber, teils von der Zustrahlung der Außenwelt

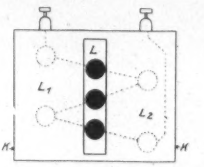


Fig. 2.

her. Um eine gute Nullage zu erzielen, muß erstens Temperaturgleichgewicht in der Thermosäule selber herrschen. Weil L_1 und L_2 (Fig. 1) symmetrisch sind, sieht man, daß, wenn Temperaturgleichgewicht einmal erreicht ist, es auch fortdauern wird. Dasselbe gilt auch für Typus II. Zweitens muß die Temperatur derjenigen Außenkörper (Linsen, Prismen, wasserdurchspülte Klappe), welche die bestrahlten Lötstellen allein „sehen", sich im Verhältnis zu diesen nicht ändern. Tun sie das, dann erfolgt eine Änderung der Nullage, und zwar sind auch hier die zwei Typen im Vakuum gleichwertig. Will man dies vermeiden, muß man entgegengeschaltete Lötstellen ohne Abschirmen in derselben Linie wie die heißen Lötstellen, also oberhalb oder unterhalb derselben, anbringen, so daß die Differentiallötstellen dieselben Außenkörper wie diese allein, mit Ausnahme der zu messenden Spektrallinie, „sehen". Da eine solche Differentialschaltung doppelt so viele Lötstellen, also den doppelten

1) E. S. Johansen, Ann. d. Phys. (4) **33**, 517, 1910, weiterhin im Text als loc. cit. bezeichnet.

1) H. Rubens, Zeitschr. f. Instrk. **18**, 65, 1898.

2) Daß sich immerhin mit dem Typus I auch in der Luft recht gut arbeiten läßt, beweisen die ausgezeichneten Untersuchungen von Herrn W. J. H. Moll (Arch. Néerland. des Sc. Exactes et Nat. (II) **13**, 100, 1907).

Widerstand haben muß, werden sie die zu erreichende Strahlungsempfindlichkeit um $\sqrt{\frac{1}{2}}$ herabsetzen. Will man nur die Energie von Strahlen unterhalb 3 μ messen, so kann man die Strahlen der Außenkörper durch eine kleine Quarzplatte abschirmen, die direkt auf dem Spalt der kalten Lötstellen ($L_1 L_2$) angebracht wird, um deren Temperatur zu folgen.

2. Während die zwei Typen bezüglich der Nullage gleichwertig sind, werden wir jetzt sehen, daß dies nicht für die Strahlungsempfindlichkeit gilt. Daß der Typus I ceteris paribus $\sqrt{2}$ mal empfindlicher ist als Typus II, läßt sich leicht in folgender Weise zeigen. Wir vergleichen zuerst die Strahlungsempfindlichkeit zweier Säulen mit genau gleichen bestrahlten Lötstellen und Drähten. Nehmen wir an, daß O die Oberfläche der bestrahlten Lötstellen in cm² ist, A die Ausstrahlung derselben per cm² pro Sekunde, wenn ihre Temperaturerhöhung eins wird, K_1 und K_2 die kalorische Leitfähigkeit der Drähte. Die Temperaturerhöhung, u, durch die Bestrahlung $1 \frac{\text{cal}}{\text{cm}^2 \text{ sec}}$ wird beim Typus I aus folgender Gleichung bestimmt:

$$O = A O u + (K_1 + K_2) u,$$

mithin

$$u = \frac{O}{A O + K_1 + K_2}. \qquad (1)$$

Beim Typus II haben wir:

$$O = A O u + (K_1 + K_2)(u - u_0),$$

wo u_0 die Temperaturerhöhung der Kompensationslötstellen bedeutet. Nun ist deren Ausstrahlungskoeffizient gleich dem der heißen Lötstellen, wir haben deshalb

$$(K_1 + K_2)(u - u_0) = A O u_0.$$

Die Strahlungsempfindlichkeit ist proportional $u - u_0$. Wir finden aus den Gleichungen:

$$u - u_0 = \frac{O}{A O + 2 (K_1 + K_2)}. \qquad (2)$$

Durch Vergleich mit (1) sehen wir, daß der Typus II sich so verhält, als wäre er eine Säule von Typus I, dessen Drahtmaterial eine zweimal so große kalorische Leitfähigkeit wie die wirkliche hat. Wenn wir also statt k_1 und k_2 $2k_1$ und $2k_2$ einführen, können wir die Gleichungen S. 520 loc. cit. auf Typus II überführen. Die Maximalempfindlichkeit wird mithin $\sqrt{\frac{1}{2}}$ mal kleiner als die für den Typus I. Um letztere zu erreichen, muß man den Querschnitt der Drähte halb so groß wie für Typus I wählen, während die übrigen Maximalbedingungen dieselben bleiben.

Zum Schluß möchte ich noch auf die Entlüftungsmethode des Herrn A. H. Pfund aufmerksam machen[1]) sowie auf seine Methode zur Herstellung dünner Stäbchen, die beide für das Bauen von Vakuumthermoelementen sehr wertvoll sind.

1) A. H. Pfund, diese Zeitschr. **13**, 870, 1912.

Finseninstitut, Kopenhagen, Sept. 1913.

(Eingegangen 16. September 1913.)

Fluoreszenz der Elemente in der sechsten Gruppe des periodischen Systems.

Von F. Diestelmeier.

Unter dem Titel dieser Notiz hat in Nummer 18 (diese Zeitschrift **14**, 887, 1913) Herr Steubing Beobachtungen über die Fluoreszenz der Elemente Schwefel, Selen und Tellur veröffentlicht. Diese Mitteilung ist unter dem 31. Juli 1913 bei der Redaktion eingegangen. Ich möchte darauf aufmerksam machen, daß Herr H. Konen in seinem Mitte Juli erschienenen Buche[1]) über „Das Leuchten der Gase und Dämpfe“ auf Grund von gemeinsamen Untersuchungen bereits darauf aufmerksam gemacht hat, daß die Dämpfe von Selen und Schwefel Bandenfluoreszenz besitzen (S. 18, S. 326). Er hat ferner schon den Einfluß der Temperatur bezw. des Molekularzustandes hervorgehoben (S. 326) und auf meine Untersuchung hingewiesen (S. 369). Eine eingehende Untersuchung der Fluoreszenz von Schwefel und Selen, bei der ich die Fluoreszenzspektra mittels Konkavgitter photographiert und unter genau gemessenen Bedingungen von Dichte und Temperatur mit der Absorption verglichen habe, liegt fertig vor und wird binnen kurzem als meine Dissertation erscheinen. Die Ergebnisse, zu denen Herr Steubing und ich unabhängig voneinander gelangt sind, decken sich in vielen Punkten. Für Einzelheiten verweise ich auf meine Dissertation.

1) Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn

Münster, den 12. September 1913.

(Eingegangen 14. September 1913.)

Bemerkungen zu der Abhandlung des Herrn O. Geschöser: Die Erzeugung von Kathodenstrahlen in Luft von Atmosphärendruck[1]).

Von B. Walter.

In der in der Überschrift angegebenen Abhandlung läßt Herr Geschöser die Entladungen eines Funkeninduktors durch eine Bunsenflamme gehen und stellt in 30—40 cm Entfernung von dieser Flamme eine in einfacher Lage schwarzen Papiers eingeschlagene photographische Platte auf, auf welche verschiedene Gegenstände mit Bindfaden aufgebunden sind. Nach einer Exposition von 5—10 Minuten zeigt dann die Platte ein Bild jener Gegenstände samt des Bindfadens, und zwar im Positivbild dunkel auf marmoriertem Hintergrunde. Nach Herrn Geschöser soll dieses Bild von Kathodenstrahlen herrühren, die von der Flamme ausgehen; nach meiner Ansicht ist dafür lediglich das Licht der Bunsenflamme verantwortlich zu machen.

Fast jedes schwarze Papier ist nämlich in einfacher Lage lichtdurchlässig, und der marmorierte Hintergrund der Bilder des Herrn Geschöser hat auch genau das Aussehen der Wirkung, wie man sie bei der Durchstrahlung solchen Papiers mit gewöhnlichem Licht erhält. Für diese Auffassung spricht ferner auch die Angabe des Verfassers, daß dort, wo das schwarze Papier doppelt lag, keine Wirkung auftrat, sowie drittens auch noch die, daß die Wirkung auch ausblieb, sobald der Bunsenbrenner entfernt wurde.

Um den Beweis vollständig zu machen, braucht Herr Geschöser nur noch den Versuch mit der Flamme, aber ohne Einschaltung des Induktors zu machen. Wenn er dann unter den gleichen Verhältnissen wie früher auch die gleichen Bilder erhält — woran ich nicht zweifle —, so ist damit erwiesen, daß die betreffenden Wirkungen nicht von etwaigen Kathodenstrahlen, sondern einfach von den gewöhnlichen Lichtstrahlen des Bunsenbrenners herrühren.

1) Diese Zeitschr. **14**, 815, 1913.

Hamburg, Physikal. Staatslaboratorium, 30. August 1913.

(Eingegangen 31. August 1913.)

Erwiderung.

Von O. Geschöser.

Zu den vorstehenden Bemerkungen muß ich erklären, daß die Entstehung der Photographien durch die Lichtdurchlässigkeit einer einfachen Lage schwarzen Papieres sicher ist. Da ich selbst nicht photographiere, so bin ich bedauerlicherweise auf die Möglichkeit dieser Erklärung gar nicht verfallen.

(Eingegangen 24. September 1913.)

Das physikalische Institut der Universität Bonn[1]).

Von H. Kayser und P. Eversheim.

Vor kurzem ist das neue physikalische Institut der Universität Bonn durch eine einfache Feier eröffnet worden, nachdem schon Ende April die Vorlesungen und Übungen in demselben begonnen hatten. Es soll im folgenden eine kurze Beschreibung des Instituts gegeben werden.

Schon Clausius hatte sich um einen Neubau bemüht; verschiedene Pläne von ihm sind noch vorhanden, die zeigen, daß es als ein Glück zu betrachten ist, daß sie nicht ausgeführt wurden. So hat sich das Institut bis jetzt in einem Flügel des Universitätsgebäudes befunden in Räumen, die in jeder Beziehung unzulänglich waren. Seit meiner Berufung nach Bonn im Jahre 1893 habe ich für einen Neubau zu wirken gesucht; aber erst als der Kurator der Universität, Geheimrat Dr. Ebbinghaus, der Regierung im Jahre 1910 die Summe von 100000 M. für einen Neubau zur Verfügung stellte, kam die Ausführung in Fluß.

Das Institut befindet sich außerhalb der Stadt in unmittelbarer Nähe der Anatomie, des physiologischen, geologischen und chemischen Instituts und des Poppelsdorfer Schlosses, in welchem sich das botanische, mineralogische und zoologische Institut befinden. Das Institut liegt in der Mitte eines großen Gartens von 90 : 80 m Fläche; es ist dadurch gegen Störungen geschützt, um so mehr, als die an der Vorderseite vorbeiführende Straße, die Nußallee, Privatstraße der Universität und für Lastverkehr und Automobile verboten ist, auf den anderen Seiten aber Wiesen angrenzen, die ebenfalls Eigentum der Universität sind.

Das Hauptgebäude hat eine Länge von 48 m, eine Tiefe von 16 m; der Seitenflügel bildet ein Quadrat von etwa 16 m mit abgestumpften Ecken und ist mit dem Hauptgebäude verbunden durch einen Hals von 6 : 8 m. Fig. 1 gibt eine Gesamtansicht des Gebäudes.

Beim Entwurf des Instituts wurde beabsichtigt, den großen Hörsaal vom eigentlichen

1) Instituts-Neubauten Nr. XI (Nr. X: diese Zeitschr. **13**, 565, 1912).

Fig. 1.

Institut abzusondern, da es unzweckmäßig ist, wenn die große Masse der Hörer der Experimentalphysik durch das eigentliche Institut gehen muß. Es finden sich immer Studenten, welche in die Arbeitszimmer „mal hineinsehen" wollen, die dort aufgestellten Apparate berühren usw.; auch wird die Reinhaltung des Gebäudes wesentlich teurer. Daher ist der große Hörsaal als Seitenflügel an das eigentliche Institut angebaut; er hat seinen eigenen Eingang bei *A* (Fig. 3). Die hier beginnende Treppe führt in der ersten Etage durch eine geräumige Garderobe, die unter den erhöhten Sitzen des Hörsaals untergebracht ist, eine Treppe höher zum oberen Ende des Hörsaals, von wo zwei Stufenreihen zwischen den Sitzen herabführen.

Der Hörsaal besitzt elektrisch zu betätigende Verdunkelung, für jede Seite (3 Fenster) dient ein Schalthebel. Ebenso wird die 3,5 m lange Tafel durch einen elektrischen Motor gehoben und gesenkt. Ist sie gesenkt, so ist dadurch die hinter und über ihr liegende Projektionsfläche frei geworden. Der Projektionsapparat von Leybold in Cöln, welcher für diaskopische und epidiaskopische Projektion eingerichtet ist, steht in der Mitte des Hörsaals (Fig. 5). Der 5 m lange Tisch ist reichlich mit Gas- und Wasserhähnen und mit elektrischen Anschlüssen versehen, die Ströme bis zu 60 Amp. zu entnehmen gestatten. Rings um den Tisch liegt ein leicht zugänglicher geräumiger Kanal, in dem noch Leitungen aller Art nach Bedarf verlegt werden können. In der Verlängerung des Tisches ist nach Süden hin ein kleines Fenster vorhanden, vor welchem ein Heliostat Aufstellung findet. — Die künstliche Beleuchtung geschieht durch 13 Metallfadenlampen von je 200 Kerzen, die in Reihen von je 4 eingeschaltet werden können. Die hinterste Reihe kann durch Widerstand sehr dunkel gemacht werden und dann als Notbeleuchtung dienen. — Als Schmuck der Wände findet sich ein Drehspulengalvanometer für Projektion, vor allem aber die Büsten von Clausius und Hertz.

Die Zahl der Sitze beträgt 254; doch können noch leicht weitere 20 Klappsitze angebracht und etwa ebensoviel Stühle aufgestellt werden.

In dem Kellergeschoß des Seitenflügels (Fig. 2) ist die eine Hälfte als Kohlenkeller eingerichtet, von welchem ein Schienengeleise an die Heizung führt; die andere Hälfte enthält neben einigen kleineren Kammern einen

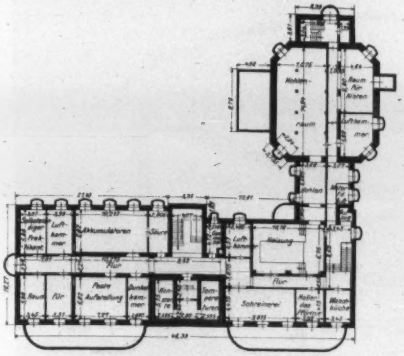


Fig. 2.

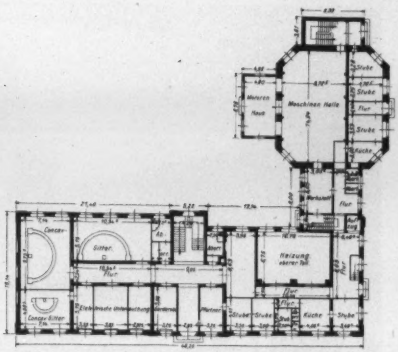


Fig. 3.

großen Raum zur Aufbewahrung von Kisten, welche direkt von außen hinabgelassen werden können, und eine Luftkammer, in welcher von außen angesaugte und filtrierte Luft über ein System von Heizschlangen geführt und so angewärmt durch einen Ventilator in den Hörsaal gepreßt wird; dies dient nur zur Ventilation, — ebenso im kleinen Hörsaal und im Anfängerpraktikum, während die Heizung überall durch Warmwasser-Radiatoren bewirkt wird.

In der Parterreetage des Seitenflügels (Fig. 3) ist die eine Hälfte durch die Wohnung des Heizers und Maschinisten, die andere größere Hälfte durch den Maschinensaal eingenommen, an welchen ein Anbau mit besonderem Fundament grenzt, in dem ein Dieselmotor von 25 HP. und ein Gasmotor von 8 HP. aufgestellt sind. — In der Etage darüber liegt dann der große Hörsaal, der die Höhe von 2 Etagen hat. Über ihm befindet sich der Dachstuhl, in welchem eine Eisenkonstruktion teils das Dach trägt, teils die aus Eisenbeton gegossene Decke des Hörsaals.

Wenden wir uns zum eigentlichen Institut, so enthält dessen Kellergeschoß (Fig. 2) eine Reihe von Räumen, die als Waschküche und Kellerräume der Unterbeamten dienen, als Tischlerwerkstatt, als Luftkammern für den kleinen Hörsaal und das Anfängerpraktikum, zur Aufstellung von Gas- und Wassermessern und vom Staubsaugeapparat, dessen Leitung durch das ganze Institut geht. Ferner liegen hier einige wichtige Räume zu wissenschaftlichen Zwecken: 1. zwei Räume für konstante Temperatur. Sie liegen noch etwa 1 m unter dem Fundament des Gebäudes, sind nach oben und den Seiten durch eine dicke Isolierschicht geschützt. Sie sind durch einen seinerseits durch Tür abgeschlossenen Vorraum verbunden; die Türen vom Vorraum aus besitzen Spiegelscheiben, so daß man eventuell vom Vorraum aus Ablesungen in den eigentlichen Beobachtungszimmern machen kann; auch die elektrische Beleuchtung der Zimmer wird von außen betätigt. 2. Drei Räume für feste Aufstellung. Jeder dieser Räume hat ein Fundament, welches von dem des Hauses völlig getrennt ist. Die die Dielen tragenden Balken ruhen in den Wänden des Hauses, frei schwebend über dem Fundament des Raumes. In den Dielen befinden sich mehrere Klappen, oder solche können noch nach Bedarf angelegt werden; öffnet man eine Klappe, so wird das isolierte Fundament frei und man kann darauf feste Stative aufstellen oder Mauerklötze errichten, die zur Aufstellung der Apparate dienen.

3. Der Akkumulatorenraum. Hier sind zwei Batterien aufgestellt, eine von 220 Volt für Beleuchtungszwecke, eine zweite von 150 Volt für Experimentierzwecke. Ferner ist noch eine kleine alte Batterie von 10 Elementen vorhanden.

Endlich liegt im Kellergeschoß die Heizung, die auch durch die Parterreetage hindurchreicht. Es sind drei Kessel für Warmwasserheizung aufgestellt, die einzeln oder zusammen gebraucht werden können. Auch läßt sich in den Übergangszeiten das warme Wasser nur zu den Zimmern der Dozenten und einigen Arbeitszimmern zuführen.

Wenden wir uns zur Parterreetage (Fig. 3), so liegt links vom Haupteingang die Pförtnerloge, rechts eine Garderobe, die sowohl für den kleinen Hörsaal als auch für das Anfängerpraktikum dient. Dann folgt ein Raum für chemische Zwecke mit Digestorium, Chemikalienschränken usw. Die übrigen Räume dieses Flügels sind für spektroskopische Untersuchungen

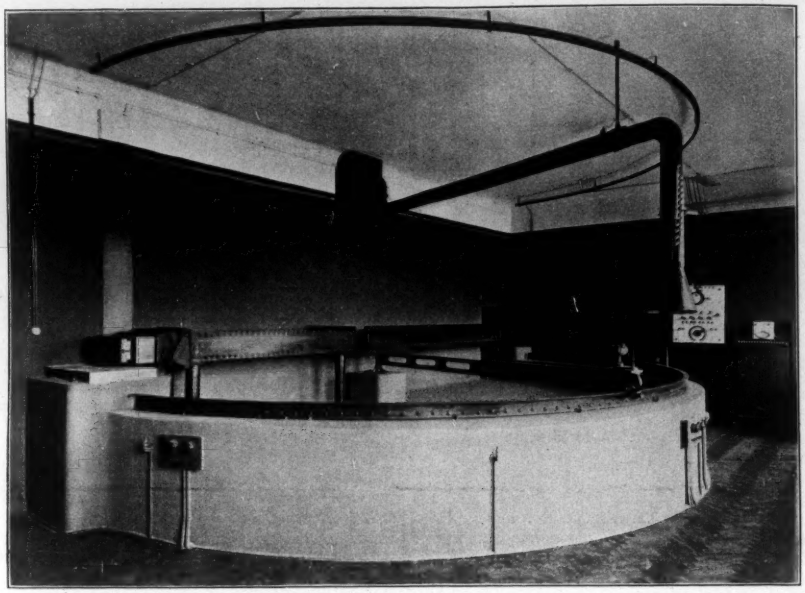


Fig. 4.

bestimmt. Es sind hier zwei große Rowlandsche Konkavgitter von 6,5 m Krümmungsradius nach Abneyscher Manier montiert; es stehen also Gitter und Kamera fest, Spalt und Lichtquelle werden im Kreise herumbewegt. Um die Dämpfe der Bögen und Flammen nicht in die Räume gelangen zu lassen, ist an der Decke ein horizontales Rohr drehbar befestigt, von dessen Ende ein vertikales Rohr herunterhängt, das in einem Trichter endet. Dieser kann somit bei jeder Stellung der Lichtquelle über sie gebracht werden; ein im Rohr befestigter elektrisch betriebener Ventilator saugt dann die Dämpfe ab. Fig. 4 zeigt ein Bild dieses Raumes und der besprochenen Einrichtung. — Ein dritter Raum enthält ein ebenso montiertes Gitter von 3 m Radius, ein vierter zwei Gitter von 1 m Radius. Der letzte Raum dieses Flügels ist für Glas- und Quarzspektrographen bestimmt.

Der andere Flügel wird durch die Heizung und die Wohnung des Pförtners und Institutsdieners eingenommen. In der Verbindung zwischen Hauptinstitut und Hörsaalflügel befindet sich: 1. eine Treppe, die durch das ganze Haus geht. 2. Ein elektrisch bewegter Aufzug für Lasten bis 750 Kilo. Hinter dem Aufzug liegt eine geräumige Nische, die von einem Fenster in der Kabine des Aufzugs aus zugänglich ist. In der Nische kann ein freies Manometer für hohe Drucke montiert werden, oder es können Drähte für Elastizitätsmessung aufgehängt werden, usw. Der Fahrstuhl ist so eingerichtet, daß er sich an jeder Stelle anhalten läßt; man kann also z. B. mit einem Kathetometer an dem Manometer entlang fahren und die Höhen genau messen. Der Fahrstuhl mündet in der ersten Etage in der Sammlung, in der zweiten im Anfängerpraktikum; er verbindet also die Räume, zwischen welchen am meisten Apparate zu transportieren sind. Unten reicht er bis in den Keller. 3. Liegt hier eine Werkstatt für gröbere Arbeit, namentlich für den Heizer und Maschinisten bestimmt; an sie grenzt der Eingang in den Maschinensaal.

Die erste Etage (Fig. 5) enthält in dem Nordflügel zwei Zimmer des Direktors, zwei Zimmer des Extraordinarius, das Zimmer des ersten Assistenten, die Bibliothek und den kleinen Hörsaal. In ihm sind 90 Sitzplätze vorhanden, doch kann durch Stühle für über 100 Hörer gesorgt werden. — In dem Korridor sind die Büsten der drei großen Bonner Physiker: Plücker,

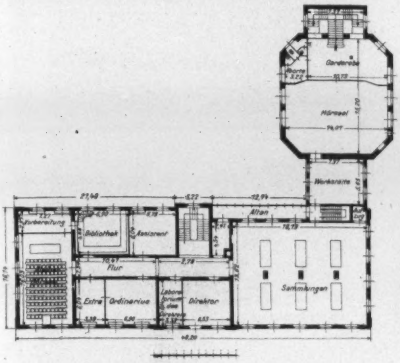


Fig. 5.

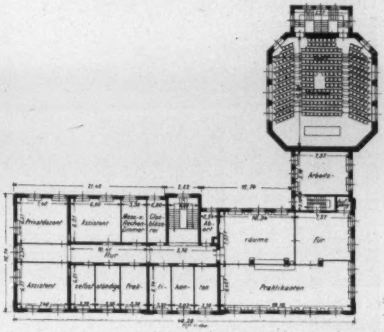


Fig. 6.

Clausius, Hertz angebracht; von zahlreichen anderen bedeutenden Physikern aller Zeiten und Nationen befinden sich Porträts im Anfängerpraktikum. — Die Südhälfte der Etage bildet einen Raum, in welchem die Sammlung aufgestellt ist, in staubdichten Schränken aus Glas und Eisen. Die Verbindung zwischen Sammlung und großem Hörsaal wird durch die Hauptwerkstatt hergestellt. Um vom Institut nach der Werkstatt gelangen zu können, ohne daß man die Sammlung betritt, welche ja Studenten verschlossen ist, ist eine verglaste Galerie angebracht, die gleichzeitig als Bedachung für die Fahrradständer im Hofe dient.

In der zweiten Etage (Fig. 6) ist die Fläche über der Sammlung als Anfängerpraktikum eingerichtet. Der Raum ist in drei Zimmer eingeteilt, die für Wärme und Mechanik (siehe Fig. 7), für Elektrizität und für Optik bestimmt sind. Für letztere dient noch ein Raum über der Werkstatt; ferner sind zum Anfängerpraktikum noch zwei anstoßende Zimmer im Gange

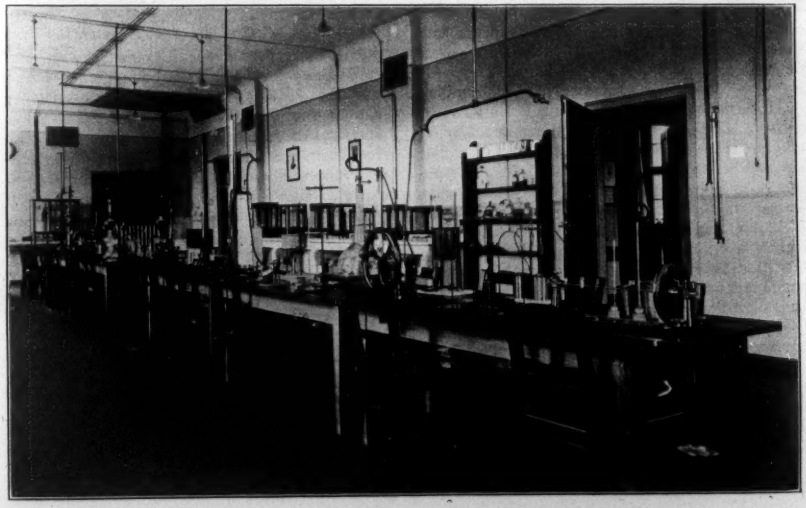


Fig. 7.

Fig. 8.

hinzugenommen, die für Widerstandsbestimmungen mit dem Telephon, magnetische Versuche und für akustische Messungen dienen. Im ganzen finden etwa 100 Praktikanten in diesen Räumen Platz. — Sonst befinden sich hier noch Zimmer für Assistenten und Privatdozenten, ein Zimmer für Glasbläserei, eins für Röntgentechnik, Einzelzimmer für Doktoranden.

Die dritte Etage ist nur zur Hälfte ausgebaut. In ihr liegt die Wohnung des Mechanikers, ein großer Raum für historische und Reserve-Sammlung, zwei große Arbeitsräume für vier selbständige Praktikanten, der Aufgang zum Turm, zwei photographische Zimmer für Entwicklung und Sensibilisation. In der zweiten Hälfte lassen sich leicht noch 8 bis 10 Zimmer für Einzelarbeiten ausbauen. Der bisher vorhandene Raum genügt aber schon für ungefähr 20 Doktoranden.

Die besonders wichtige elektrische Ausstattung des Instituts wird im folgenden von Prof. Eversheim ausführlicher beschrieben.

Eine gute elektrische Anlage ist für ein modernes physikalisches Institut Lebensbedingung. Der elektrische Strom muß in jeder Form, in allen Abstufungen reichlich zur Verfügung stehen, dabei muß es möglich sein, von einer Zentralstelle aus die verschiedenen Stromquellen in alle Räume, bis an die entferntesten Stellen zu leiten und zwar mittels einer Einrichtung, die auch dem Ungeübten ein sicheres Schalten gestattet. Neben dem elektrischen Strom zu Experimentierzwecken muß natürlich auch für ausreichende Beleuchtung gesorgt sein.

Die Beschaffung der Elektrizität war eine der Hauptfragen bei Ausarbeitung der Pläne zum Bau. Es lagen drei Möglichkeiten vor: man konnte den Strom von der Stadt Bonn beziehen, das Institut konnte ferner an das Wechselstromnetz des Elektrizitätswerkes „Berggeist" angeschlossen werden, und endlich konnte man sich eine eigene Zentrale errichten. Gegen den Bezug des Stromes von der Stadt Bonn sprachen die hohen Anlagekosten eines besonderen Kabels, das aus verhältnismäßig großer Entfernung zum Institut geführt werden mußte. Der Strom des „Berggeist" aber unterliegt, namentlich für Motorenbetrieb starken Spannungsschwankungen. Um diese zu umgehen und um überhaupt den unentbehrlichen Gleichstrom zu erzeugen, mußten Maschinenanlagen mit Akkumulatorenbatterien eingebaut werden, und so wurde beschlossen, eine eigene Anlage für Licht und Experimentierzwecke zu errichten. Dazu war erforderlich: 1. ein Antriebsmotor, 2. eine Dynamomaschine, 3. eine Schalttafel, 4. eine Akkumulatorenbatterie, natürlich alles mit den nötigen Apparaten und Leitungen. Die

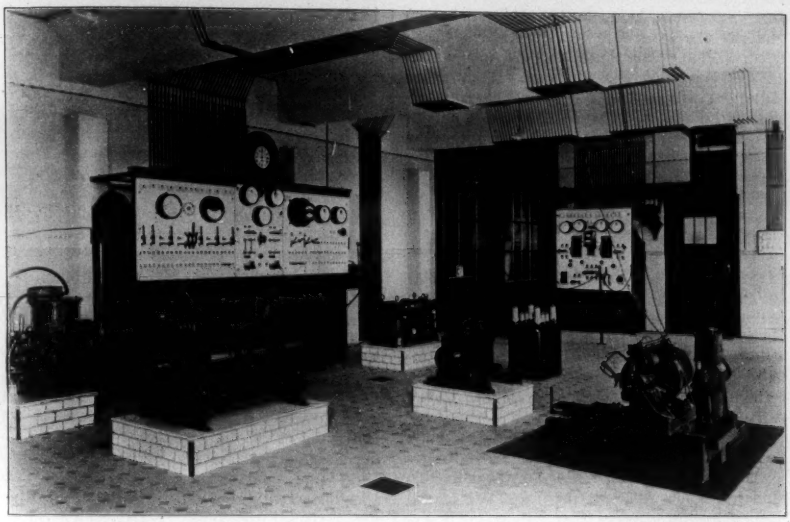


Fig. 9.

guten Erfahrungen, die man in den letzten Jahren mit Rohölmotoren gemacht hat, veranlaßte die Institutsleitung, einen 25-PS.-Dieselmotor der Gasmotorenfabrik Deutz aufzustellen. Die Kosten der Maschine mit Fundament und Aufstellung, inkl. Maschinenhaus, Öl- und Auspuffkammern beliefen sich auf ca. 15600 Mark. Die Dynamomaschine wurde unseren Zwecken entsprechend durch die Siemens-Schuckert-Werke, Nürnberg, hergestellt. Sie mußte so konstruiert sein, daß sie sowohl bei einer mittleren Spannung von 300 Volt wie auch einer solchen von 150 Volt ökonomisch arbeitete, damit man in der Lage sei, ohne erhebliche Verluste sowohl die Experimentierbatterie mit niedriger Spannung und hoher Stromstärke, als auch die Lichtbatterie mit umgekehrten Stromverhältnissen zu laden oder auch direkt Strom bei variabler Spannung zu entnehmen. Die Maschine ist für Fremderregung eingerichtet und besitzt zur Erzielung eines funkenfreien Laufs Wendepole, die Maximalleistung ist 15 Kilowatt, der Gesamtpreis mit Aufstellung und Montage etwa 1500 Mark. Die Bedienungsschalttafel enthält alle erforderlichen Apparate und Meßinstrumente zum Laden der Licht- wie auch der Experimentierbatterie, sodann enthält sie den Mechanismus zur Betätigung des automatischen Fern-Zellenschalters zur Einregulierung auf gleichbleibende Lichtspannung. Die Kosten dieser Tafel mit Montage, geliefert von der Firma Siemens & Halske, A.-G. Berlin, beliefen sich auf ca. 2200 Mark. Die Lichtbatterie, bestehend aus 120 Elementen von 150 Ampèrestunden Kapazität, bei 45 Ampère maximaler Stromentnahme sowie die Experimentierbatterie von 75 Elementen, 400 A.-St. Kapazität und 100 Amp. maxim. Stromentnahme (Tudor-Elemente mit Holzscheibeneinbau) lieferte die Akkumulatorenfabrik A.-G. Hagen i. Westf. zum Preis von 3200 resp. 3800 Mark, fertig montiert.

Die Zentrale hat sich während des bis jetzt etwa $^1/_2$ jährigen Betriebs vorzüglich bewährt, wirkliche Störungen haben sich nicht gezeigt; die Anlage darf als mustergültig in jeder Beziehung angesehen werden, so daß man den genannten Firmen volles Lob spenden kann. Zur größeren Sicherheit ist noch eine Reserveanlage, bestehend aus einem 8-PS.-Gasmotor mit Dynamo vorgesehen, die nötigenfalls selbständig den Betrieb übernehmen kann. Der Gasmotor wurde uns von der Deutzer Gasmotorenfabrik kostenlos auf die Dauer von vorläufig 4 Jahren zur Verfügung gestellt.

Was die Kosten der Stromerzeugung anlangt, so hat der Betrieb in Übereinstimmung mit der Vorberechnung ergeben, daß die Kosten des selbst erzeugten Stromes bei weitem geringer sind, als bei Bezug von außen. Aber nicht allein die billige Erzeugung, sondern auch die zweckmäßige Verteilung des Stroms sowie eine wohl

durchdachte Anordnung der Leitungen mit bestem Material verlegt und besten Hilfskräften ausgeführt, bietet Gewähr dafür, daß die Anlage auch auf die Dauer eine Einrichtung sei, die schwachen Mittel des Instituts nach Möglichkeit auszunutzen, statt den Fond zu belasten. Im Verein mit erfahrenen Ingenieuren der Firma Siemens & Halske sowie der Siemens-Schuckert-Werke wurden die Pläne ausgearbeitet und die Ausführung der gesamten Anlage den beiden Schwesterfirmen übertragen. Es waren etwa 25000 m Draht zu verlegen!

Das Herz der Anlage bildet der Hauptverteiler in der Werkstatt (Bild 8). Dort laufen sämtliche Stromquellen zusammen, deren Leitungen in entsprechende Stöpselhülsen endigen, die sich am oberen Teil der Schalttafel befinden, während der untere Teil jene Stöpselhülsen enthält, die mit den Enden der Wahlleitungen verbunden sind. Bezeichnungsschilder geben Aufschluß über die Stromquellen sowie die Zimmer resp. Arbeitsstellen. Indem man durch flexible Stöpselschnüre die gewünschte Stromquelle mit der Nummer des Arbeitsraums verbindet, ist der Anschluß bewirkt. Als Stromquellen kommen zunächst drei Batterien in Betracht, die schon erwähnten und eine solche von 20 Volt bei ca. 250 A.-St. Kapazität. Die letztere ist, wie auch die Experimentierbatterie, unterteilt, diese von 30 zu 30, jene von 2 zu 2 Volt Spannung, so daß eine Spannungsteilung in weiten Grenzen möglich ist. Spannungen für Gleichstrom bis zu 500 Volt liefert ein rotierender Transformator, Hochspannungsgleichstrom bis 5000 Volt ein Maschinenaggregat mit besonderem Antrieb. Wechselstrom wird erzeugt mittels einer elektromotorisch angetriebenen Universalmaschine, die bei einer mittleren Spannung von 110 Volt 1—6phasigen Wechselstrom liefert. Dieser Strom kann durch Transformatoren, Induktoren usw. beliebig transformiert und dem gewünschten Zweck angepaßt werden.

Figur 9 gestattet einen Einblick in die Maschinenhalle. Links erblickt man den erwähnten Wechselstromtransformator, dahinter die Schalttafel zur Betätigung der verschiedenen Antriebsmotoren und zur Entnahme und Weiterleitung der erzeugten Ströme. Im hintern Teil der Kammer befindet sich die Schalttafel zur Bedienung der elektrischen Zentrale. Im übrigen sind noch einige Maschinen für die Übungen in der angewandten Elektrizitätslehre vorgesehen sowie ein Kompressor zur Verflüssigung von Luft mit dem Hampsonschen Apparat.

Als Leitungsmaterial wurden zum größten Teil Gummiaderschnüre verwandt, nur in den Kellerräumen waren Einzelleitungen vorgesehen. Aus Gründen möglichster Betriebssicherheit sind die Leitungen auf Putz, z. T. in Peschelrohr verlegt; nur in wenigen Räumen, z. B. in den Hörsälen, wählte man verdeckte Verlegung, jedoch so, daß etwa defekt gewordene Leitungen ohne Mühe durch neue ersetzt werden konnten. Die Anlage entspricht den Sicherheitsvorschriften des Verbands Deutscher Elektrotechniker.

Die Kosten der gesamten elektrischen Anlage setzen sich wie folgt zusammen:

	M.
Dieselmotor mit Maschinenhaus und allem Zubehör ca. . .	15600.
2 Batterien	7000
Elektrische Anlage, einschl. Maschinen, Schalttafeln und Montage	32000
zusammen	54600.

Bonn, Physik. Institut, 15. Juli 1913.

(Eingegangen 17. Juli 1913.)

BESPRECHUNGEN.

F. Pollitzer, Die Berechnung chemischer Affinitäten nach dem Nernstschen Wärmetheorem. Mit einem Vorwort von W. Nernst. gr. 8. 169 S. mit 9 Abbildungen. Stuttgart, Ferd. Enke. 1912. M. 3.60

Die Aufstellung des Nernstschen Theorems, das der Verfasser am Schluß seines Werkes als „den dritten Hauptsatz der Thermodynamik" bezeichnet, hat die experimentelle Erforschung chemischer und physikalischer Fragen wie kaum ein zweites im letzten Dezennium gefördert. Die zusammenfassende Darstellung dieses Theorems in der vorliegenden Schrift, die von dem mehrjährigen Assistenten und Mitarbeiter Nernsts verfaßt und von Nernst durchgesehen ist, wird daher gewiß jedermann willkommen sein. Ausgehend von den beiden Hauptsätzen der klassischen Thermodynamik gibt der Verfasser im 1. Teil eine allgemeine Entwicklung des Theorems. Aus thermischen Daten werden zunächst die Gleichgewichtsverhältnisse von Reaktionen berechnet, die sich zwischen reinen festen und flüssigen Stoffen abspielen. Kennt man nun noch die Dampfdrucke der einzelnen Stoffe bei einer einzigen Temperatur, so ist auch das Gleichgewicht in der Gasphase bestimmt und somit auch das Gleichgewicht von Reaktionen berechenbar, bei denen ein Teil oder alle Komponenten gasförmig oder gelöst sind.

Der 2. Teil bringt die Aufstellung von Gleichungen für die numerische Berechnung von Affinitäten chemischer Reaktionen, die Auswertung der sogenannten „chemischen Konstanten" und die für Überschlagsrechnungen bequemen Näherungsgleichungen. Der folgende Teil enthält Anleitungen für die praktische

Anwendung der exakten und der Näherungsgleichungen für homogene und heterogene Systeme, erläutert an einigen typischen Beispielen. Im letzten Teile wird das Theorem auf 80 Reaktionen angewandt, von denen der Verfasser die Mehrzahl neu und viele hier zum ersten Male berechnet hat und im Anhang endlich sind Tabellen zusammengestellt, die die Berechnung von Gleichgewichten erleichtern und von denen die wertvollsten wohl die Tabellen zur Benutzung der Funktionen von Einstein und Nernst-Lindemann sind. Die Darstellung ist elementar und so verständlich und klar gehalten, daß die Lektüre der beiden allgemeinen Teile dem Ref. großen Genuß bereitete. Die Anwendungen des neuen Satzes in den speziellen Teilen sind so ausführlich abgeleitet und die Beispiele so geschickt gewählt, daß auch der mit thermodynamischen Berechnungen weniger vertraute Leser — und das dürfte heute noch für die Mehrzahl der technischen Chemiker zutreffen — die praktische Bedeutung des Theorems ohne weiteres ersehen und seine Benutzung leicht erlernen kann. Und auch der Physiker, dem die thermodynamischen und quantentheoretischen Grundlagen geläufig sind, wird sich mit Interesse dem Studium dieses Buches widmen und aus ihm ersehen, von wie fundamentaler Bedeutung der Nernstsche Satz für die Berechnung der chemischen Affinität, eine der Grundfragen der Chemie, geworden ist.

Riesenfeld.

E. Müller, Elektrochemisches Praktikum. Mit einem Begleitwort von F. Foerster. gr. 8. XV u. 224 S. mit 73 Abbildungen und 29 Schaltungsskizzen. Dresden, Theodor Steinkopff. 1913. Gebunden M. 8.—

Das Praktikum enthält 69 Versuche, welche die Grundgesetze der Elektrochemie und die wichtigsten elektroanalytischen und elektropräparativen Methoden behandeln. Mit sicherem Griffe sind — besonders in den von Foerster ausgewählten, mit einem * bezeichneten Aufgaben — aus der Fülle der Erscheinungen meist die instruktivsten und praktisch wichtigsten herausgegriffen. Und doch fehlen z. B. Aufgaben, die die Überführungszahl, die Beziehung der elektromotorischen Kraft zur freien Energie und zur Wärmetönung behandeln. Dafür hätte manches fortbleiben können, was im Laufe des letzten Dezenniums an praktischer Bedeutung verloren hat und auch nicht sonderlich lehrreich ist. Das soll aber den Wert des Buches nicht herabsetzen. Dieser besteht darin, daß die klassischen Aufgaben der Elektrochemie, die in den meisten elektrochemischen Kursen seit mehr als 10 Jahren ausgeführt werden, in mustergültiger Weise so behandelt sind, daß auch ein weniger Begabter mit geringen Vorkenntnissen sie ausführen kann. In jahrelanger Lehrtätigkeit hat der Verfasser die hierzu erforderliche, nicht zu unterschätzende Summe von Erfahrungen zusammengetragen. Eine große Zahl mit praktischem Blick vom Autor konstruierter Apparate und alle zur Ausführung der Aufgaben nötigen Instrumente und Handgriffe bis zur Protokollierung der Versuche sind bis ins einzelne so genau beschrieben, daß das Praktikumsbuch sich im Kreise der Studierenden wie der Praktikumsleiter bald großer Beliebtheit erfreuen dürfte und man dem Verfasser für diese sehr empfehlenswerte Bereicherung unserer Lehrbuchliteratur sehr dankbar sein muß.

Aber eine Frage drängt sich dem Referenten auf: Sollte es nicht wünschenswert sein, die Studierenden tiefer in die theoretischen Grundlagen einzuführen, auch auf die Gefahr hin, daß ein kleiner Bruchteil den Deduktionen nicht mehr ganz folgen kann? Führt das grundsätzliche Fortlassen aller schwierigeren und tiefer führenden Ableitungen nicht zu einer bedenklichen Verflachung?

Riesenfeld.

G. Urbain, Einführung in die Spektrochemie. Übersetzt von U. Meyer. gr. 8. VIII u. 213 S. mit 67 Figuren und 9 Tafeln. Dresden, Theodor Steinkopff. 1913. M. 9.—, gebunden M. 10.—

Das Buch stellt eine getreue Übersetzung des bereits referierten Buches (vgl. diese Ztschr. **13**, 215, 1912) dar ohne irgendwelche Zusätze. Es behandelt die für Chemiker wichtigen Anwendungen moderner Hilfsmittel in der Spektroskopie, die bisher noch nicht so im Zusammenhang dargestellt sind. Die Übersetzung liest sich glatt, und Stichproben ließen keine Fehler erkennen.

H. v. Wartenberg.

M. Laue, Das Relativitätsprinzip. gr. 8. 2. vermehrte Auflage. XII u. 272 S. Mit 22 Abbildungen im Text. (Wissenschaft, Bd. 38.) Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1913. Geb. M. 8.80

Daß das Lauesche Buch einem Bedürfnisse entgegenkam und es erfüllt hat, zeigt das schnelle Erscheinen einer zweiten Auflage. Da in dieser nicht nur der Charakter, sondern auch große Teile des Textes aus der ersten Auflage unverändert beibehalten sind, genügt es im allgemeinen, auf die Besprechung der letzteren (diese Zeitschr. **13**, 175, 1912) hinzuweisen und nur die Punkte hervorzuheben, wo der Verfasser Änderungen und Hinzufügungen vorgenommen hat. Erweitert ist die vierdimensionale Potentialtheorie, hinzugefügt eine vom Verfasser schon vorher publizierte ausführliche Diskussion des Trouton-Nobleschen Versuchs. Gänzlich umgearbeitet ist die Dynamik, natürlich unter Beibehaltung des Grundgedankens, die ponderomotorischen Kräfte aus einem vierdimensionalen Tensor abzuleiten, dessen Symmetrie physikalisch als der „Satz von der Trägheit der Energie" gedeutet wird. Während dabei im allgemeinen, wie in der früheren Darstellung, nur von den Spannungen, Impulsen und Energien, nicht aber von den eintretenden Veränderungen des Zustandes und der Bewegung der Materie die Rede ist, ist der Verfasser jetzt an einer Stelle darüber hinausgegangen durch Aufnahme der relativistischen Hydrodynamik in der von Lamla gegebenen Form. Es ist vielleicht zu bedauern, daß der Verfasser die allgemeine Dynamik deformierbarer Körper nach Herglotz nicht aufgenommen hat; denn bei Theorien, die sich so weit von der experimentellen Prüfbarkeit entfernen, sollte wohl bei der Auswahl des Stoffes der ästhetische Gesichtspunkt der mathematischen Eleganz und Vollkommenheit mit in Betracht kommen, und von diesem aus verdient fraglos die Herglotzsche Theorie den Vorzug. Der Verfasser konnte sich dazu nicht entschließen wegen der Schwierigkeit des Deformationsbegriffes vom relativistischen Standpunkte; wenn er im übrigen die Aufstellung und Ausarbeitung dieses Begriffes Herglotz zuschreibt, so entspringt dieser Irrtum aus der Art, in welcher die vom Referenten längere Zeit vorher vollständig, wenn auch nicht mit Herglotzscher Eleganz, publizierte Definition der Deformationen in der Herglotzschen Arbeit dargestellt ist.

Das Lauesche Buch ist bisher die einzige zusammenfassende Darstellung der Relativitätstheorie geblieben. Daß es diese Stellung behaupten konnte, zeigt seinen Wert besser als eine Aufzählung seiner Vorzüge. M. Born.

Aloys Müller, Das Problem des absoluten Raumes und seine Beziehung zum allgemeinen Raumproblem. (Die Wissenschaft. Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien. Heft 39.) gr. 8. X u. 154 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1911. M. 4.—, gebunden M. 4.80.

Die vorliegende Schrift behandelt ein zu den logischen Grundlagen der Naturwissenschaften gehöriges Problem vom Standpunkt des Philosophen. Zunächst sei betont, daß der Verfasser alle für ihn nötigen Ergebnisse der Physik in ausreichender Weise beherrscht und ohne irreführendes Mißverständnis verwendet. Da das Entsprechende nicht immer von den Autoren gilt, die sich von naturwissenschaftlicher Seite her auf dies im Grunde doch philosophische Gebiet begeben, so ist dem vorliegenden Buche ernste Beachtung in naturwissenschaftlichen Kreisen sehr zu wünschen.

Der Verfasser gibt seinen Betrachtungen eine möglichst breite Basis dadurch, daß er sich zunächst, so lange das möglich ist, auf einen „erkenntnistheoretisch neutralen", für jedes metaphysische System gültigen Standpunkt zu stellen sucht. Unter Einhaltung dieses Standpunktes wird im ersten Teil des Buches eine „logisch-physikalische Theorie des absoluten Raumes" entwickelt, deren Gedankengang andeutungsweise folgender ist.

Vom rein „phoronomischen" (kinematischen) Standpunkt aus gibt es nur Relativbewegung, woraus aber nicht gefolgert werden kann, daß „absolute Bewegung" überhaupt nicht existiert. Der dynamische Standpunkt verlangt bereits ein Hinausgehen über das phoronomische Weltbild, indem die Festlegung eines Bezugssystems nötig wird, die dem Verfasser durch das Langesche Inertialsystem am besten gelungen zu sein scheint. Das ideale Inertialsystem ist ihm mit dem Begriff des absoluten Raumes bereits identisch, obwohl es nur die eindeutige Zuteilung von Beschleunigungen, nicht von Geschwindigkeiten erlaubt. Diese, praktisch überhaupt unmöglich und unnötig, erscheint dem Verfasser aber logisch erforderlich, und zwar auf Grund eines aus dem Identitätsprinzip gefolgerten Prinzips „der konkreten Bestimmtheit", das er zu Beginn des zweiten Teils, der „philosophischen Theorie des absoluten Raumes" entwickelt.

Der Inhalt dieses Teiles entzieht sich einer kurzen Wiedergabe, obwohl er die Auseinandersetzung mit dem elektromagnetischen Weltbild enthält; ebenso wie der dritte Teil, welcher die nichteuklidischen Geometrien behandelt. Noch weniger kann hier eine Kritik der vielseitig durchgearbeiteten Gedankengänge des Verfassers versucht werden.

Für den Physiker, ob er nun mit dem Verfasser zusammengehen kann oder nicht, sind die vorliegenden Untersuchungen dadurch wertvoll, daß die Grenzen des erfahrungsmäßig Feststellbaren streng gezogen werden. Die genaue Beachtung dieser Grenzen kann zu einem besseren Verständnis zwischen Naturforscher und Philosophen wesentlich beitragen. Nach dem Relativitätsprinzip z. B. sind auf dem gesamten elektromagnetisch-mechanischen Gebiet nur relative Translationen beobachtbar. Die Erfahrung kann also über die Frage, ob es absolute Bewegung oder einen absoluten Raum gibt, nicht entscheiden; dieser ist für die Experimentalphysik ohne Bedeutung. Ebensowenig ist erfahrungsmäßig feststellbar, ob der Raum euklidisch ist oder nicht.

„Das physikalische Weltbild ist an und für sich metaphysisch vieldeutig" (S. 114). Verfasser betont, daß die Physiker darum zwar mit einem metaphysisch vieldeutigen Weltbild arbeiten können, es aber in Wahrheit aus subjektiven Gründen meist nicht tun. — „Eine naturwissenschaftliche Weltanschauung kann deshalb nicht Weltanschauung sein, weil sie naturwissenschaftlich ist, und sie ist nicht mehr naturwissenschaftlich, sobald sie Weltanschauung ist" (S. 116).

Berg.

H. Weber und J. Wellstein, Encyklopädie der Elementar-Mathematik. Ein Handbuch für Lehrer und Studierende. In 3 Bänden. Band III: Angewandte Elementar-Mathematik. II. Teil. Darstellende Geometrie, graphische Statik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, polit. Arithmetik und Astronomie. Bearbeitet von J. Wellstein, H. Weber, H. Bleicher u. J. Bauschinger. 2. Auflage. gr. 8. XIV u. 671 S. mit 271 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner. 1912. M. 12.—, gebunden M. 14.—

Die zweite Auflage der Enzyklopädie von Weber und Wellstein hat gegenüber der ersten eine ganz erhebliche Erweiterung erfahren. Es ist nun der dritte Teil in zwei annähernd gleich starken Bänden verteilt. Der vorliegende Band III, 2 enthält neu die wertvollen Beiträge von H. Bleicher: „Aus der politischen Arithmetik" und von J. Bauschinger: „Ausgleichsberechnung und Astronomie". Da Band III, 1 die physikalischen Anwendungen der Elementarmathematik enthält, so haben jetzt die wichtigsten Anwendungsgebiete eine durchaus angemessene Darstellung gefunden. Es ist erfreulich, daß sich für die politische Arithmetik und Astronomie Fachleute als Bearbeiter gefunden haben, die den Leser wirklich mit den tatsächlichen Forderungen der Praxis bekannt machen. Die politische Arithmetik umfaßt die Zinsrechnung und die Versicherungsmathematik. In der Astronomie finden sich nach der sphärischen Astronomie die astronomischen Messungen, geographischen Ortsbestimmungen und sogar die Bahnbestimmung der Planeten und Kometen.

Wenn diese Arbeiten eine angenehme Einführung in die betreffenden Gebiete sind und eine Fülle anregenden Übungsmaterials liefern, welches die Bedeutung der Mathematik illustriert, so zeigen die glänzenden Arbeiten des Herrn Wellstein über die darstellende Geometrie und graphische Statik in mustergültiger Weise, welche geometrischen Grundgedanken den praktischen Anwendungen zur Unterlage dienen. Wer sich daneben noch Rat holen will über Anlage einer Zeichnung und zweckmäßige Darstellung räumlicher Gebilde, wird das Buch nicht umsonst zur Hand nehmen.

J. Sommer.

H. E. Timerding, Die Fallgesetze (Mathematische Bibliothek, herausgegeben von W. Liekmann und A. Witting. Bd. 5). 8. IV u. 48 S. mit 20 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner. 1912. Kart. M. —.80

Die Mathematische Bibliothek bezweckt, „allen denen, die Interesse an der Mathematik im weitesten Sinne des Wortes haben, es in angenehmer Form zu ermöglichen, sich über das gemeinhin in den Schulen Gebotene hinaus zu belehren und zu unterrichten."

Der Verfasser der vorliegenden Schrift versteht vortrefflich, den Leser für den hier behandelten Gegenstand zu interessieren und ihm die gewaltige Persönlichkeit Galileis näher zu bringen. Er erreicht dies insbesondere dadurch, daß er — ebenso wie dies E. Mach in seinem bekannten Werke „Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch und kritisch dargestellt" mit so großem Erfolge getan hat — die verschiedenen physikalischen und mathematischen Probleme an die historische Entwicklung angliedert und dadurch die methodische Bedeutung der behandelten Fragen klar hervortreten läßt. R. Lucas.

P. Meth, Theorie der Planetenbewegung (Mathematische Bibliothek. Bd. 8). 8. IV u. 60 S. mit 17 Figuren und 1 Tafel. Leipzig, B. G. Teubner. 1912. Kart. M. —.80

In dem achten Bändchen der Mathematischen Bibliothek (vgl. die vorstehende Besprechung) wird von den elementaren Methoden ausgegangen, die Möbius in seiner „Mechanik des Himmels" verwendet. In dem ersten Abschnitt (10 S.) werden einleitende Sätze aus der Mechanik behandelt, der zweite Abschnitt (26 S.) enthält die Beschreibung der Bahnen im Sonnensystem und Rückschlüsse auf die wirkenden Kräfte, den Schluß der Schrift bildet das Newtonsche Gravitationsgesetz und seine Anwendungen. R. Lucas.

A. R. Forsyth, Lehrbuch der Differentialgleichungen. Mit den Auflösungen der Aufgaben von H. Maser. 2. autorisierte Auflage. Nach der 3. des englischen Originals besorgt und mit einem Anhange von Zusätzen versehen von W. Jacobsthal. gr. 8. XXII u. 921 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1912. M. 20.—, gebunden M. 21.50

Die deutsche Ausgabe dieses gut eingeführten und für den Praktiker so brauchbaren Buches war längst vergriffen, und es ist eine erweiterte Neuauflage vielen gewiß sehr willkommen. Ein ausführliches Buch über Differentialgleichungen, welches den Hauptwert auf die praktisch brauchbaren Methoden legt und die elementaren Integrationsmethoden sowie die wichtigsten Reihenentwicklungen durch so viele durchgerechnete Beispiele erläutert, ist auch heute noch unentbehrlich.

Bei den partiellen Differentialgleichungen beschränkt sich der Verfasser auf die allgemeinen Integrationsmethoden von Lagrange, Charpit, Monge, Ampère usw. Die Randwertprobleme im engern Sinn sind ausgeschlossen.

Gegenüber der früheren Auflage sind jetzt die Paragraphen über die Riccatischen Gleichungen erweitert, die Rungeschen numerischen Integrationsmethoden für Differentialgleichungen 1. Ordnung sind neu aufgenommen.

Herr Jacobsthal hat durch Zusätze auf 138 Seiten die Entwicklungen des Buches nach der theoretischen Seite hin ergänzt und vervollständigt.

J. Sommer.

Leo Lewent, Konforme Abbildung. (Math.-phys. Schriften für Ingenieure und Studierende, herausgeg. von E. Jahnke.) 8. VI u. 118 S. mit 40 Abbildungen. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner. 1912. Preis geh. M. 2.80, geb. M. 3.20

Der Inhalt des kleinen Buches ist in fünf Kapitel gegliedert, die folgende Gegenstände umfassen:

I. Die geometrische Darstellung komplexer Größen und der allgemeine Begriff der Abbildung, S. 1—9.

II. Die Cauchy-Riemannschen partiellen Differentialgleichungen und die konforme Abbildung, S. 9—17.

III. Spezielle Abbildungsaufgaben, S. 17—75.

IV. Sätze und Methoden für die Behandlung von Abbildungsaufgaben allgemeiner Art, S. 75—97.

V. Konforme Abbildung einer Kreisfläche auf das Innere eines konvexen Polygons, S. 97—118.

Von Herrn Lewent selbst rühren nur die ersten vier Kapitel her. Es war ihm nicht vergönnt, seine Arbeit zum Abschluß zu bringen. Nach seinem frühzeitigen Tod übernahm Herr Jahnke die Mühe der Herausgabe, während Herr Blaschke-Greifswald das fünfte Kapitel hinzufügte, welches dem Buche zur Zierde gereicht.

Der verstorbene Verfasser hat mit besonderer Liebe die speziellen Abbildungsaufgaben behandelt. An vielen Beispielen, wie:

$$w = \frac{\alpha z + \beta}{\gamma z + \delta},\quad w = z^n,\quad e^z,\quad \frac{1}{z},\quad \cos z,\quad \sin z,$$

werden der Begriff und die Resultate der konformen Abbildung erläutert, und man findet hier manche reizvolle Anwendung, die aus der umfangreichen Literatur geschickt ausgewählt ist. Dieser Teil des Werkchens zusammen mit den beiden ersten Kapiteln ist in sich abgeschlossen und ist ohne Vorkenntnisse leicht verständlich. Die Ergänzung zu diesem Teil — der Abbildung durch gegebene Funktionen — bildet die viel schwierigere Aufgabe der Abbildung gegebener Bereiche aufeinander. Hier hat sich der Verfasser im 4. Kapitel mit einem Referat über den Riemannschen Abbildungssatz und über das Schwarzsche Spiegelungsverfahren begnügt. Dies kann man nur als Notbehelf gelten lassen, denn eine richtige Einschätzung der mathematischen Wahrheiten gewinnt man eben nur durch den Beweis. Es wäre vielleicht richtiger gewesen, wenn dafür einige schwierigere Abbbildungsprobleme direkt angegriffen worden wären. In der Tat zeigen die von Herrn Blaschke gelieferten Zusätze sehr schön, wie man auch komplizierte Aufgaben ohne Voraussetzung der allgemeinen Sätze bemeistern kann. Der bloße Wortlaut solcher Sätze allein wird einem Leser auch wenig helfen.

Zur Erläuterung des Zusammenhangs zwischen konformer Abbildung und Randwertaufgabe ist im 4. Kapitel die harmonische Funktion für das Innere eines ebenen Kreises durch das Poissonsche Integral bestimmt und auf die Bedeutung dieses Resultates hingewiesen.

Im ganzen stellt das Werkchen eine erwünschte Bereicherung der von Herrn Jahnke veranstalteten Sammlung vor. Die Interessenten mögen daraus ersehen, wieviel für die Anwendungen brauchbare Arbeit von der strengen Theorie geleistet ist.

J. Sommer.

Dynamische Meteorologie und Hydrographie. Von V. Bjerknes und verschiedenen Mitarbeitern. Autorisierte deutsche Ausgabe der von der Carnegie Institution of Washington herausgegebenen Dynamic Meteorology and Hydrography. I. Teil: Statik der Atmosphäre und der Hydrosphäre. Von V. Bjerknes und J. W. Sandström. Deutsche Übersetzung von F. Kirchner. Mit 22 Abbildungen im Text, einem Anhang, enthaltend meteorologische und hydrographische Tabellen, und einem Atlas von 60 Tafeln. gr. 4. VI u. 184 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1912. M. 36.—. — II. Teil: Kinematik der Atmosphäre und der Hydrosphäre. Von V. Bjerknes, Th. Hesselberg und O. Devik. gr. 4. VII u. 172 S. Mit 85 Textabbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1913. M. 20.—

Die Meteorologie als eine einzige Randwertaufgabe aufzufassen, bei der aus einem gegebenen Anfangszustand der Zustand zu einer beliebigen Zeit berechnet werden kann, ist ein altes Ideal, von welchem diese Wissenschaft noch weit entfernt ist. Durch die zahlreichen synoptischen Beobachtungen der letzten Jahre mittels Pilotballon- und Registrierballonaufstiegen, sowie der damit verbundenen Erforschung der höheren Luftschichten, ist man jedoch der Verwirklichung desselben immerhin erheblich näher gekommen. Der Verfasser gibt die Grundlagen, wie die synoptischen Beobachtungen für die Behandlung des Problems zu verwenden sind, und sein Werk kann ohne weiteres als fundamental für die neuere Meteorologie bezeichnet werden. Parallel der Behandlung der Atmosphäre geht diejenige des Seewassers. Unabhängige Koordinaten sind die drei Koordinaten des Raumes, und in der Dynamik noch die Zeit. Die abhängigen Veränderlichen werden als „Elemente" bezeichnet und sind im Fall der Luft Druck, Masse, Temperatur, Feuchtigkeit und Bewegung. Beim Meer tritt der Salzgehalt an Stelle der Feuchtigkeit. Die räumliche Verteilung der Elemente heißt ihr „Feld". Die Darstellung der Felder ist die erste Hauptaufgabe der wissenschaftlichen Meteorologie und wird besonders eingehend behandelt. An Stelle der Meter werden hierbei dynamische Meter eingeführt, durch welche Aquipotentialflächen der Erde überall gleichen Abstand voneinander erhalten. An Stelle der Temperatur wird die „virtuelle Temperatur" eingeführt, welche für die Integration der hydrostatischen Grundgleichung zweckmäßig ist. Für beides werden Tabellen gegeben. Als System der Einheiten dient das Meter-Tonnen-Sekundensystem. Die Einheit des Drucks in diesem System ist ein Zentibar, wobei als „Bar" der Druck von 1 dynamischen Dekameter Wasser bezeichnet wird, der also nahezu einer Atmosphäre entspricht. (Ob diese Druckbezeichnung mit ihren Unterabteilungen [Millibar, Mikrobar, Megabar usw.] für alle Gebiete der Physik empfehlenswert ist, soll hier nicht erörtert werden. Hiervon dürfte es aber abhängen, ob man nicht mit Bar eine für alle Gebiete vielleicht noch besser liegende Grundeinheit bezeichnen sollte.) Während der erste Teil, die Statik, sehr viele Anwendungen auf synoptische Darstellungen von Druck- und Massefeldern der Atmosphäre und Hydrosphäre gibt, ist das bisherige Material für den 2. Teil, die Dynamik, geringer, wenn auch sehr beachtenswerte dynamische Darstellungen in dem reichhaltigen Atlas gegeben werden können. Die Horizontalbewegungen der Luft sind, wie der Verfasser zeigt, am einfachsten im Cirrusniveau, diejenigen des Meeres lassen sich bisher am besten im Golf von Mexiko studieren. Der Schwerpunkt des zweiten Teils liegt in der Ausarbeitung von Zeichenregeln für solenoidale Felder, Strömungslinien und Kurven gleicher Intensität, ferner besonders in der Ausarbeitung der graphischen Lösung der Differentialgleichungen, die bei den Problemen der Meteorologie nicht zu umgehen ist. Das Werk von Bjerknes wird jedenfalls für synoptische Darstellungen größeren Stils die allgemeine Grundlage werden.

M. Reinganum.

Jahrbuch der Naturwissenschaften. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von J. Plaßmann. Lex. 8. 1911—12. 27. Jahrgang. XVI u. 452 S. mit 34 Abbildungen. 1912—13. 28. Jahrgang. XVI u. 466 S. mit 15 Abbildungen. Freiburg i. B., Herdersche Verlagshandlung. Gebunden je M. 7.50

Der vorliegende 27. Band des Jahrbuches berichtet wie die vorhergehenden über die wesentlichsten Errungenschaften nicht allein in den Naturwissenschaften, sondern auch in der Medizin, der Land- und Forstwirtschaft, der Technik und der Luftschiffahrt. Speziell auf physikalischem Gebiete sind von Professor H. Konen Referate in ausgiebiger Zahl gebracht worden, die ein klares Bild von den Fortschritten der physikalischen Forschung entwerfen. Nur Einiges kann hier erwähnt werden. Wesentlich ist ein Bericht von Arbeiten über den Luftwiderstand von Lafay, Fry, Tyndall und Zickendraht, welche durch Fragen in der Flugtechnik veranlaßt wurden. Von Belang ist ferner ein Bericht über Messung und Absorption kleinster Schallwellen nach Arbeiten Lebedews und Anderer. In der Wärmelehre interessiert vor allem die Nernstsche Arbeit über die spezifische Wärme bei tiefen Temperaturen, sowie die Heßschen Versuche, die Plastizität des Eises betreffend. In der Optik werden neben vielem anderen das Lehmannsche Ultraviolettfilter, die Arbeiten von Nichols und Merritt, Jacoby, Ladenburg über Fluoreszenzabsorption, die neuesten Untersuchungen von Spektralserien durch Paschen, Hicks usw. besprochen. Auf dem Gebiete der Elektrizität und des Magnetismus wird in einer Besprechung der so abweichenden, bislang ermittelten Werte des Elementarquantums der Elektrizität eine noch nicht publizierte Übersichtstabelle von Bergmann gebracht. Von Interesse ist ein Bericht über Entladungen an erhitzten Salzen, die von Richardson und Klemensiewicz eingehender studiert worden sind, sowie über die Fortschritte, welche die Anschauungen über die Kanalstrahlen durch die Arbeiten von Thomson, Dechend und Hammer, Koenigsberger und Kutschewski gemacht haben. Ebenso werden neuere Arbeiten über Kathodenstrahlen und sonstige moderne Fragen besprochen.

In dem 28. Bande hat Prof. Matthies in Basel

die Referate über die Physik übernommen und gibt über die zurzeit aktuellen Gebiete Berichte in trefflicher, abgerundeter Darstellung.

Die für die Luftschiffahrt so wesentlichen Messungen des Luftwiderstandes werden auch in diesem Bande wieder berührt, und zwar insbesondere auf Grund der Königschen Apparatur. Interessant ist ein zusammenfassendes Referat über die Endgeschwindigkeit kleiner Körper in Gasen und Flüssigkeiten, sowie über die Arbeit von Ch. Jacob über gleitende Reibung. In der Akustik wird unter anderem der schönen Versuche von Lifschitz (akustische Wiedergabe einer periodischen Kurve) gedacht, in der Wärmelehre der Erforschung der kritischen Daten des Heliums durch Kamerlingh Onnes, sowie der von Nernst und Lindemann gegebenen Vervollkommnung der Einsteinschen Atomwärmeformel. In der Optik ist von besonderem Interesse eine klare Darstellung der modernsten Anschauungen über die Natur des Äthers, beziehungsweise über die Entbehrlichkeit der Annahme desselben, sowie ein Bericht über die neueren Bestimmungen der Konstanten des Stefan-Boltzmannschen Strahlungsgesetzes. In der Elektrizität treten insbesondere molekularphysikalische Arbeiten in den Vordergrund, so z. B. die von Richardson und von Fredenhagen über Ionisation durch erhitzte Körper, die Stoßionisation durch die sogenannten δ-Strahlen, Zählung von Kathodenstrahlenteilchen durch Regener, der von Hoffmann, Schweidler und von Kohlrausch gebrachte Nachweis der Ionisationsimpulse der einzelnen α-Teilchen. Aber auch andere belangreiche Arbeiten auf elektrischem Gebiete (Wertheimer, Boas, Gehrcke, Seeliger usw.) werden referiert.

Behrendsen.

Berichtigung.

Am Schluß der Mitteilung von G. Gehlhoff, Demonstrationsversuche mit Edelgasen (diese Zeitschr. 14, 838, 1913), ist noch folgende Bemerkung, die versehentlich weggeblieben war, nachzutragen: Das alleinige Herstellungsrecht der in dem Artikel aufgeführten Apparate gehört der Firma: „Leipziger Glasinstrumentenfabrik R. Goetze in Leipzig"; diese Firma ist auch im Besitze der genauen Maßangaben und Einzelheiten, welche für die zweckmäßige Ausführung nötig sind.

Tagesereignisse.

„Radium im Harz". Zu der törichten Zeitungsnotiz, die in diesen Tagen kolportiert wird, der zufolge ich große Radiummengen im Harz gefunden haben soll, bemerke ich, daß eine aus geologischen und topographischen Interessen im vorigen Winter vorgenommene Prüfung der Quellwässer der Clausthaler Umgebung einen geringen Radiumemanationsgehalt (von beiläufig bis zu 2 M.-E.) ergeben hatte, entsprechend dem an schon so vielen Gebirgswässern und Quellen festgestellten Resultat. Ich hatte dieses Ergebnis in einer zu Kaisers Geburtstag in der Bergakademie gehaltenen Rede zusammen mit einigen anderen zum Vergleich herangezogenen Aktivitätszahlen (z. B. Grabenbäckerquelle in Gastein mit 150 M.-E. und Radiumquelle bei Brambach mit 2000 M.-E.) mitgeteilt. Diese Rede — in dem jetzt erschienenen Jahresberichte der Bergakademie abgedruckt — ist offenbar einem sensationslüsternen Zeitungskorrespondenten in die Hände gefallen und ihm Anlaß zur Herstellung des „eigenen Drahtberichts" obigen Inhalts geworden.

Clausthal, 25. September 1913.

Valentiner.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt: Der Dozent für Elektrotelegraphie an der Technischen Hochschule Berlin Geh. Oberpostrat Karl Strecker zum ord. Honorarprofessor an derselben Hochschule, der a. o. Professor der rationellen Mechanik an der Technischen Hochschule Mailand Dr. Max Abraham zum ord. Professor an derselben Hochschule, der Privatdozent Dr. Giovanni Bordiga zum a. o. Professor der projektiven Geometrie an der Universität Padua, Dr. P. Boutroux zum ord. Professor der Mathematik an der Princeton University, der Privatdozent an der Universität Pavia Dr. Ermenegildo Daniele zum a. o. Professor der mathematischen Physik an der Universität zu Catania, der Professor an der Universität zu Cagliari Dr. G. Scorza zum Professor der projektiven und darstellenden Geometrie an der Universität Parma, der Privatdozent an der Universität Bologna Dr. Leonida Tonelli zum a. o. Professor der algebraischen Analysis an der Universität Cagliari, der a. o. Professor an der Universität Heidelberg Dr. Karl Boehm zum ord. Professor der Mathematik an der Universität Königsberg, der a. o. Professor an der Universität Berlin Dr. Hans v. Wartenberg zum etatsmäßigen Professor für Physikalische Chemie an der Technischen Hochschule Danzig, der wissenschaftliche Hilfsarbeiter am Meteorologischen Institut in Berlin-Potsdam Dr. Walter Brückmann zum Observator an derselben Anstalt, der ord. Professor der Physikalischen Chemie an der Universität Gießen Geh. Hofrat Dr. Karl Elbs zum ord. Professor der Chemie und Direktor des chemischen Laboratoriums an derselben Universität.

Verliehen: Dem Abteilungsvorsteher beim Geodätischen Institut in Potsdam Professor Dr. Louis Krüger der Titel Geh. Regierungsrat, dem Privatdozenten für Physik mit Lehrauftrag für Spektralanalyse und wissenschaftliche Photographie an der Universität München Dr. Peter Paul Koch der Titel Professor.

Gestorben: Der a. o. Professor der Physik an der Universität Greifswald Geh. Regierungsrat Dr. Wilhelm Holtz, der Professor der Chemie an der Universität Dublin Sir Walter Noel Hartley, der Inhaber der chemischen Fabrik E. Merck in Darmstadt Geheimrat Dr. Louis Merck, der ord. Professor der Pharmakognosie und pharmazeutischen Chemie an der Universität Straßburg Dr. Eduard Schaer, der Privatdozent der Physik an der Scuola di Farmacia der Universität Rom Giuseppe Folgheraiter.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1913/14.

Technische Hochschule Aachen.

Stark: Experimentalphysik I: Mechanik, Elektrodynamik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Steubing und Wendt), a) Praktische Übungen aus allen Teilen der Physik für Anfänger, 4 oder 6, b) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen: Dissertationen, tägl., c) Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 2. — **Seitz**: Mechanische Wärmetheorie, 2; Theoretische Physik: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Mechanik, Elektrizität, Magnetismus, 2. — **Polis**: Allgemeine Meteorologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie I, 1; Meteorologische Technik, 1, mit Übungen im Meteorologischen Observatorium. — **Steubing**: Photographie I, für Anfänger, II, für Fortgeschrittene, 1, Übungen, 3; Spektroskopie, mit Demonstrationen, 1. — **Grotrian**: Physikalische Grundlagen der Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum, 8. — **Rasch**: Ausgewählte Kapitel der praktischen Elektrotechnik, 1; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruk-

tionslehre der Elektrotechnik, 3, Übungen, 2. — **Finzi**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2. — **Hamacher**: Telegraphie und Telephonie, 2. —

Bredt: Organische Experimentalchemie II, 3; Organisches Praktikum (mit Lipp). — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisches Praktikum (mit Scheen, Schleicher, Wolf, Caspar und Roderburg); Elektroanalytisches und elektrochemisches Praktikum (mit Fischer). — **Rau**: Chemische Technologie I: Allgemeine Feuerungskunde, 2, III, 2; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, Übungen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Lambris und Kron). — **v. Kapff**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Färberei, Bleicherei usw., 2, Übungen, 4. — **Ruer**: Physikalische Chemie I, 3, Übungen für Hüttenleute, 3, für Chemiker, 1 Vormittag, für Fortgeschrittene. — **N. N.**: Analytische Chemie, 2; Experimentalchemie, 2. — **Schumacher**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2. — **Fischer**: Allgemeine Elektrochemie, 2. — **Lambris**: Untersuchung von Brennstoffen, 2. — **Levy**: Synthese organischer Verbindungen, 2. —

Blumenthal: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Hydrodynamik und Hydraulik, 2 *g*. — **Hamel**: Höhere Mathematik I, 6 bzw. 4, Übungen, 2. — **v. Kármán**: Mechanik I, 5, Übungen, 1, II, 3, Übungen, 1; Flugtechnische Aerodynamik, 2 *g*. — **Kötter**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der graphischen Statik, 1. — **Haußmann**: Übungen im Markscheiden und Feldmessen (mit Wandhoff und Kalohr), ½ Tag; Abriß der Markscheide- und Feldmeßkunde, 2; Ausgleichungsrechnung, 2, Übungen, 1; Sphärische Trigonometrie, 1, Übungen, 2. — **Wandhoff**: Markscheiden und Feldmessen I, 4; Markscheiderische Zeichen- und Rechenübungen, 2. — **Gast**: Praktische Geometrie I, 3; Geodätisches Praktikum I, 2; Geodätische Ausarbeitungen, Übungen, 4; Eisenbahntrassieren, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Basel.

Hagenbach: Experimentalphysik II: Optik, Wärme und Elektrizität, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl., für Anfänger (mit Veillon), 8; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Veillon**: Repetitorium der Experimentalphysik, 2. — **Matthies**: Einleitung in die theoretische Physik, 4, Mathematisch-physikalische Übungen, 1; Hydro- und Aerodynamik, 2. — **Zickendraht**: Spektroskopie, 2. —

Rupe: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Vollpraktikum für organische Chemie, tägl.; Chemisches Kolloquium (mit Fichter, Bernoulli und Obermiller), 1 *g*. — **Fichter**: Analytische Chemie, 2; Experimentalchemie der seltenen Metalle, 1; Analytisches Halbpraktikum für Anfänger, 9; Chemisches Vollpraktikum (anorganische und elektrochemische Übungen und Arbeiten), tägl. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel II, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Bernoulli**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Obermiller**: Der Steinkohlenteer und die Zwischenprodukte der Farbstoffindustrie, 2. — **Beuttner**: Pharmakognosie, 3; Pharmazeutische Chemie und chemische Toxikologie, 3; Pharmakognostisch-mikroskopisches Praktikum, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Voll- und Halbpraktikum, tägl.; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. —

Bieberbach: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1 *g*; Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar (mit Spieß), 2 *g*; Konforme Abbildung, 1; Ausgewählte Kapitel der Zahlentheorie, 2. — **Riggenbach**: Astronomische Geographie, 3 *g*. — **Spieß**: Fragen der Elementarmathematik, für Vorgerückte, 3. — **Flatt**: Pädagogisches Seminar, mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung I, 3; Projektive Geometrie, 2. —

Universität Berlin.

Rubens: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 1½ *g*; Arbeiten im physikalischen Laboratorium, für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck**: Elektrizität und Magnetismus, 4; Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt**: Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Blasius), 7, für Pharmazeuten, 3, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Praktikum zur Erlangung von Handfertigkeit für das physikalische Arbeiten (mit Regener), 3. — **Hellmann**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 3; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*; Meteorologische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Warburg**: Kathodenstrahlen und andere elektrische Konvektionsstrahlen, 2. — **Schmidt**: Elementare Theorie und Anwendungen der Kugel- und Zylinderfunktionen, 2; Das Innere der Erde, 1 *g*. — **Neesen**: Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 2. — — **Blasius**: Praktische Übungen für Anfänger I (mit Wehnelt): Mechanik, Akustik, Wärme und Optik, 7; Praktischer Kursus für Mediziner, 3½; Übungen im Anschluß an das Praktikum, 1 *g*. — **E. Meyer**: Moderne Maschinentechnik, 2; Technische Exkursionen, 14tägig, 1 Nachmittag *g*. — **Weinstein**: Das Relativitätsprinzip und die Physik der bewegten Materie, 3; Geschichte der Physik im 19. Jahrhundert, 1 *g*. — **Krigar-Menzel**: Mechanik der Massenpunkte und starren Körper, 4. — **Leß**: Praktische Witterungskunde, 2. — **Martens**: Anleitung zu physikalischen Untersuchungen, tägl. *g*. — **Gehrcke**: Ausgewählte Kapitel aus der neueren Optik, 1. — **Grüneisen**: Theorie der Wechselstrommessungen, 2. — **Kiebitz**: Grundlagen der drahtlosen Telegraphie, 1. — **Hahn**: Chemie der Radioelemente, mit Experimenten, 1. — **Henning**: Einführung in die Vektoranalysis und ihre Anwendung in der Physik, 1. — **v. Baeyer**: Ausgewählte Kapitel aus der Experimentalphysik, 3. — **Regener**: Radioaktives Praktikum, 3. — **Reichenheim**: Physik der Sonne, 1 *g*. — **Pohl**: Die Polarisation des Lichtes, 1. — **Franck**: Experimenteile Grundlagen der Atomistik, 1. — **Eucken**: Kinetische Theorie I, 2. — **Westphal**: Wärmestrahlung und ultrarotes Spektrum, 1. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie mit praktischen Übungen, 1; Grundlagen der wissenschaftlichen Mikroskopie und Mikrophotographie, 1 *g*. —

E. Fischer: Praktische Übungen im chemischen Institut (mit Gabriel, Pschorr, Traube, Diels, Stähler, Leuchs), tägl.; Kursus für Mediziner, 6. — **Nernst**: Physikalische Chemie, 4—6; Chemische Thermodynamik, 1 *g*; Physikochemisches Kolloquium 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) Physikochemische Übungen, 7, c) Physikochemische Arbeiten, tägl. — **Beckmann**: Besprechung neuerer chemischer Untersuchungen, 1 *g*. — **Willstätter**: Kolloquium über organische Chemie, 1 *g*. — **Wichelhaus**: Technologie für Juristen und Nationalökonomen, 2, für Chemiker, 2 *g*; Übungen im Institut, tägl.; Anleitung im Institut, tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, mit Experimenten, 4; Toxikologische Chemie, mit Experimenten, 1½; Sterilsation und physiologische Prüfung der Arzneimittel mit Experimenten, 1; Praktische Übungen in der chemischen Analyse, in der chemischen Prüfung und Wertbestimmung von Arzneimitteln, in der Nahrungsmittelchemie (mit Anselmino), tägl. — **Liebermann**: Organische Experimentalchemie I, 5; Praktische Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **N.N.**: Elektrochemie, mit Experimenten, 2. — **Biedermann**: Technische Chemie II: Organische Stoffe, 4. — **Traube**: Qualitative chemische Analyse, 1½. — **Fock**: Entwicklungsgeschichte der Physik und Chemie im 19. Jahr-

hundert, 1; Elemente der Kristallographie, 1. — **Marckwald**: Analytische Chemie, 2. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer), tägl.; Übungen in der Experimentalchemie (mit R. J. Meyer), 8; Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 4. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Emmerling**: Chemische und biologische Wasseruntersuchung, 1. — **R. J. Meyer**: Chemie der selteneren Elemente, 1½. — **Spiegel**: Organische Chemie, 3; Alkaloidchemie, 1. — **Neuberg**: Organisch-chemisches Praktikum, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Biochemie, tägl. *g*. — **Sachs**: Technisch wichtige Synthesen der organischen Chemie, 1. — **Koppel**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, 1. — **Diels**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Einführung in die organische Chemie, 1. — **Meisenheimer**: Anorganische Experimentalchemie, 4. Ergänzungen, 1; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Großmann**: Besprechung chemisch-technischer und wirtschaftlicher Tagesfragen, mit Exkursionen, 1½. — **Löb**: Klinische Chemie, 2; Physiologisch-chemisches Laboratorium, tägl. — **Köthner**: Analogien chemischer Vorgänge, 1. — **Stähler**: Allgemeine und anorganische Chemie, 2. — **Houben**: Die ätherischen Öle, 1. — **Weigert**: Chemische Konstitutionsbestimmungen mit physikalischen Methoden, 1, Praktische Übungen, 3. — **Lockemann**: Chemie und Biologie, 1. — **Lenz**: Chemische Untersuchung von Blut, Harn, Kot, Magensaft usw., mit Übungen, 2. — **Leuchs**: Einführung in die organische Chemie II: Benzolderivate, 1. — **Pringsheim**: Physiologische Chemie, 1½. — **Anselmino**: Qualitative Analyse für Apotheker, 1; Quantitative Methoden des Arzneibuches, 1. —

Schwarz: Analytische Geometrie, 4; Synthetische Geometrie, 4; Ausgewählte Anwendungen der elliptischen Funktionen (mit Benutzung der Druckschrift: Formeln und Lehrsätze zum Gebrauche der elliptischen Funktionen 2. Ausgabe, Berlin 1893), 2 *g*; Mathematisches Kolloquium für Vorgeschrittenere, 14tägig, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Foerster**: Geschichte der alten Astronomie, 2 *g*; Zur astronomischen Meßkunst, 1 *g*; Polarlicht und Tierkreislicht, 1 *g*. — **Helmert**: Gradmessungen, 1; Geodätische Dreiecke, 1 *g*. — **Frobenius**: Zahlentheorie, 4. — **Schottky**: Anwendungen der Theorie der eliptischen Funktionen, 4; Theorie der Raumkurven und Flächen, 4. — **Struve**: Einleitung in die Theorie der Satelliten, 3. — **Cohn**: Bahnbestimmung der Himmelskörper, 3, Übungen (Seminar), 2 *g*. — **Schwarzschild**: Stellarastronomie, 1. — **Lehmann-Filhés**: Integralrechnung, 4; Determinanten, 4. — **Hettner**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Theorie der Beobachtungsfehler, 2. — **Scheiner**: Astrophysik, 2; Kolloquium, 1 *g*. — **Knoblauch**: Differentialrechnung, 4; Elliptische Funktionen, 4; Über die Quadratur des Kreises, 1 *g*. — **Marcuse**: Geographische Ortsbestimmung mit Übungen, 1½; Allgemeine Himmelskunde mit Lichtbildern, 1½; Luftschiffahrt mit Lichtbildern, 1. — **Byk**: Mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 1. — **Witt**: Bahnbestimmung von Kometen und Planeten, 3; Sternwarte, Übungen, *g*. — **Kohlschütter**: Grundzüge der Navigation, 1. — **Knopp**: Funktionentheorie II, 4; Algebra, 4. —

Technische Hochschule Berlin.

Kurlbaum: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Elektrizität, 4, für Architekten, 2; Physikalische Übungen, 8, für Maschineningenieure, 4. — **N. N.**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Magnetismus, Elektrizität, 4; Physikalische Übungen, 8. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Meßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Meßbestimmungen und Meßinstrumente, 4, für Chemiker, 2. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Elektrische Schwingungen und Funkentelegraphie, 1. — **Krigar-Menzel**: Allgemeine Mechanik I: Gleichgewicht und Bewegung von Massenpunkten und starren Körpern, 4; Theoretische Akustik, 2. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen I, 2; Die Konstruktion der Spiegel- und Linseninstrumente, 2. — **Glatzel**: Drahtlose Telegraphie I: Methoden zur Erzeugung von Hochfrequenzströmen, Konstruktion der Sende- und Empfangsapparate, 2. — **v. Ignatowsky**: Vektoranalysis mit Anwendungen auf verschiedene Gebiete der Physik, insbesondere auf die Maxwellsche Theorie der Elektrizität, 2. — **Kaßner**: Wetterkunde für Techniker, mit Beispielen aus der Praxis, 1. — **Kock**: Ausgewählte Kapitel aus der Elektrizitätslehre, 1. — **Zehnder**: Über physikalische Weltanschauungen, 1; Physikalisches Praktikum, mit besonderer Berücksichtigung der Telegraphentechnik, 2 oder 4. — **Günther**: Theorie und Praxis der Meßbildphotographie: Photogrammetrie, Übungen, 2, Exkursion, 1. — **Franke**: Elektrische Fernmeldetechnik einschließlich drahtlose Telegraphie, 4; Übungen im Laboratorium für Fernmeldetechnik, 6; Instrumenten- und Apparatebau der Meß- und Fernmeldetechnik, 2. — **Kloß**: Elektromaschinenbau, 4. Übungen, 8; Übungen im Elektrotechnischen Versuchsfelde, 4. — **Krell**: Schiffselektrotechnik, 2. — **Orlich**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium, 12; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **W. Reichel**: Elektrische Kraftanlagen und Bahnen, 2, Übungen, 4. — **Wedding**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium, 12. — **Benischke**: Allgemeine Wechselstromtechnik, 4; Spezielle Wechselstromtechnik für Hochspannungsanlagen, 1. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2. — **Gerstmeyer**: Kommutatormotoren für Wechselstrom, 1. — **Rüdenberg**: Ursachen und Wirkungen von Oberschwingungen in elektrischen Stromkreisen, 1. — **Wagner**: Berechnung von Wirbelstromerscheinungen, besonders in Drähten, Stäben, Blechen und Scheiben, 2. — **Zehme**: Elektrische Haupteisenbahnen und Zwischenstadtbahnen, 2. —

Hofmann: Experimentalchemie, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl.; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie (mit S. Hilpert), 2. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **F. Dolezalek**: Physikalische Chemie einschließlich theoretische Elektrochemie, 4; Kleines physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, 2 halbe Tage; Praktische Arbeiten im physikalisch-chemischen und elektrochemischen Institut, tägl. — **Holde**: Untersuchung von Fetten, Ölen, Wachsen und Seifen, 2. — **Liebermann**: Organische Chemie I: Die offenen Kohlenstoffketten, 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl.; Die Formen der Isomerie organischer Verbindungen, 1. — **Miethe**: Spektralanalyse, mit Übungen, 2; Allgemeine Photographie: Apparatenkunde, Übersicht über die gebräuchlichen photographischen Prozesse, 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Astronomische Photographie mit Übungen am photographischen Refraktor, 1, Übungen, 3; Praktisches Arbeiten im photochemischen Laboratorium, für Photochemiker, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16; Spektrographisches und spektralanalytisches Praktikum für Fortgeschrittenere, 1. — **Traube**: Einleitung in die physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Über Kolloide, 1. — **Witt**: Chemische Technologie II, 4; Technologie der Teerfarbstoffe und ihrer Verwendungen: Färberei, Zeugdruck, 4; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Arndt**: Die elektrochemische Industrie, 1. — **Börnstein**: Die Brennmaterialien, ihre Bearbeitung und Verwendung, 2. — **Byk**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 1 *g*. — **Dieckmann**: Spezielle analytische Methoden für Eisenhüttenleute, 1. — **v. Girsewald**: Über die Zusammensetzung und die Wertbestimmung der Brennstoffe, 1. — **Guertler**: Physikalische Chemie der Metallegie-

rungen: Konstitution binärer Systeme, 2, II: Konstitution ternärer Systeme, 2. — **Hauser**: Chemie der selteneren Elemente mit spezieller Rücksicht auf ihre technische Verwendung, 2. — **Hilpert**: Analytische Chemie, 1, Kolloquium, 1; Theoretische Chemie in ihrer Anwendung auf die Prozesse der Hüttenkunde, 1. — **Hinrichsen**: Theorie der Lösungen, für Chemiker und Hüttenleute, 2. — **Lehmann**: Die Farbenphotographie, 1. — **Seegert**: Ausgewählte Kapitel aus der Spektralanalyse, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie (Kolloquium), 2; Qualitative und quantitative Analyse organischer Verbindungen, 1; Organisch-chemische Arbeitsmethoden (der Oxydation, Reduktion, Sulfurierung usw.), 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Ullmann**: Arbeitsmethoden der Farbenindustrie, 1. — **Voswinckel**: Einführung in die organische Chemie, 2. — **Wolffenstein**: Die Chemie der Alkaloide, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, 4, Übungen, 2 *g*. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Wallenberg**: Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2; Funktionentheorie I, 2; Potentialtheorie, 2. — **Fuchs**: Partielle Differentialgleichungen nebst Anwendungen, 2. — **Jacobsthal**: Repetitorium der höheren Mathematik: Integralrechnung, Analytische Geometrie des Raumes, 2. — **Lichtenstein**: Fouriersche Reihen und Integrale nebst Anwendungen, 2. — **v. Pirani**: Elemente der graphischen Darstellung und des graphischen Rechnens mit besonderer Berücksichtigung physikalischer und technischer Anwendungen, 1. — **Salkowski**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen und Festigkeitslaboratorium, 2; Aerodynamik und Mechanik der Flugzeuge, 2. — **Reißner**: Mechanik und graphische Statik I, 4, Übungen, 2, II, 6, Übungen, 4. — **Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2. — **Wehage**: Ausgewählte Kapitel aus der höheren technischen Mechanik, 4. — **Leist**: Technische Mechanik, 4, Übungen, 2. — **Weber**: Mechanik I, 4, Übungen, 1, II, 4, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik: Probleme der Hydrodynamik, 1. — **v. Parseval**: Motorluftschiffe, 2; Flugzeuge, 2; Übungen im Bau von Luftfahrzeugen, 2. — **Dietzius**: Luftschiffbau und Luftschiffahrt, 1. — **Schuberg**: Elemente der darstellenden Geometrie, 1, Übungen, 3; Maschinenelemente, mit Übungen im Maschinenzeichnen, für Chemiker, 1, Übungen, 3; Allgemeine Maschinenlehre mit Übungen im Maschinenzeichnen: Grundlagen der Dampfmaschinen, Dampfkessel, Gasmotoren, Arbeitsmaschinen, für Chemiker, 2, Übungen, 3; Die technischen Einrichtungen chemischer Fabriken II, 1, Übungen, 3. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen, zugleich Bearbeitung der Aufnahmen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Wolff**: Niedere Geodäsie im Abriß, 2. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Wärme, 6; Theoretische Optik, 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Physikalisches Praktikum, 8. — **Gruner**: Theorie der Elektrizität: Elektronentheorie, 3, Übungen, 1; Mechanik deformierbarer Körper, 2; Elemente der Vektoranalysis, 1; Seminar für theoretische Physik, für Anfänger und für Vorgerückte, nach Verabredung. — **Blattner**: Elektrische Bahnen: Traktionsmotoren und Ausrichtungen der Triebfahrzeuge, 1; Grundzüge der Elektrotechnik, 1. — **Luterbacher**: Mechanik, Dynamik der festen Körper, 1. —

Kohlschütter: Allgemeine anorganische Experimentalchemie, 6; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 8. — **Ephraim**: Einführung in die Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Praktikum, 4; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Mai**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 1. — **Tambor**: Organische Chemie II, 5; Repetitorium der organischen Chemie I, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Woker**: Arbeiten im Laboratorium für physikalisch-chemische Biologie, ganz- oder halbtägig; Kurs für Untersuchung der Körperflüssigkeiten: Harn, Blut, Milch usw., 4; Theorie der Lebenserscheinungen, 1—2; Immunochemie, 1; Katalyse und Löslichkeitsbeeinflussung mit besonderer Berücksichtigung ihrer Rollen in der Biologie, 1. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel II, 2; Technologie der Lebensmittelgewerbe, nach Verabredung. —

Graf: Kugelfunktionen mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen mit Repetitorium, 3; Integralrechnung mit Repetitorium, 3; Differentialgleichungen, 2; Funktionentheorie, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), $1^1/_2$. — **Ott**: Algebraische Analysis II, 2; Sphärische Trigonometrie mit Anwendungen, 2; Integralrechnung, 2; Analytische Geometrie II, 2; Mathematische Übungen, 1, Repetitorium, 1. — **Huber**: Mechanik des Himmels, 2; Fouriersche Reihen und Integrale mit Anwendungen auf die Physik, 3; Theorie der Raumkurven und abwickelbaren Flächen, 2; Repetitorium der Astronomie, 1; Mathematisches Seminar, geometrische Richtung (mit Graf), 1. — **Mauderli**: Der astronomische Unterricht an unsern höheren Mittelschulen II, 1, Übungen, nach Verabredung; Wissenschaftliches Rechnen, 1, Übungen, nach Verabredung; Mathematische Theorie (Fehlertheorie) einiger in der Astronomie gebräuchlicher Meßinstrumente, 1. — **Benteli**: Darstellende Geometrie; Kurven, Strahlenflächen, reguläre Polyëder, 2; Darstellende Geometrie: Übungen, Repetitorium, 2; Praktische Geometrie I, 1. — **Crelier**: Synthetische Geometrie, 2; Geometrie der Bewegung, 2; Geometrische Erhebungen, 1. — **Moser**: Theorie der Versicherung auf zwei und mehr Leben, 2; Technische Untersuchungen über die bernische akademische Witwen- und Waisenkasse, nach Verabredung; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 1—2. — **Bohren**: Politische Arithmetik, 2; Die soziale Versicherung und ihre Grundlagen, 1. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Laboratorium für Anfänger (mit Eversheim und Grebe), 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Pflüger**: Mechanik, 5. — **Bucherer**: Ausgewählte Kapitel aus der neueren Elektrizitätslehre, 1 *g*. — **Eversheim**: Angewandte Elektrizitätslehre mit Übungen (mit Grebe), 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 1 *g*. — **Grebe**: Theorie der Elektrizität, 4. —

Anschütz: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Benrath, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Benrath), tägl. außer Sonnabend. — **Rimbach**: Physikalische Chemie I: Atom- und Molekulartheorie, Eigenschaften der Stoffe, Verwandtschaftslehre, 3; Grundzüge der chemischen Thermodynamik, für Vorgeschrittene, 1 *g*; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3. — **Benrath**: Ausgewählte Kapitel der speziellen anorganischen Chemie I: Seltenere Metalloide, 1 *g*; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Übungen in der Gasanalyse, 3 *g*. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie I (anorganisch), 3, III: Zyklische Verbindungen, 1 *g*; Arzneimittelprüfung, 1; Sterilisieren von Arzneimitteln, 1. — **Kippenberger**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, mit Exkursionen, 2; Einführung in die chemische Großtechnik I:

Anorganisch-chemische Betriebe, mit Exkursionen, 1; Besprechung nahrungsmittelchemischer Gutachten, 1 *g*. — **Laar**: Photographisches Praktikum, nach Verabredung. — **Meerwein**: Aromatische Verbindungen oder Benzolderivate, 2. — **Deschauer**: Aufbau der Kohlenstoffverbindungen, 1. — **Gewecke**: Einführung in die Chemie, für Mediziner, 2; Repetitorium der anorganischen und analytischen Chemie, 2; Grundlagen und Hauptmethoden der Gewichtsanalyse, 1. — **Mannheim**: Die Methoden der Wasser- und Harnanalyse, 1. —

London: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Synthetische Geometrie, 2, Konstruktive Übungen, 1. — **Schur**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Lineare Substitutionen und Elementarteiler, 2; Behandlung einfacher Aufgaben für mittlere Semester (mit Müller), 14tägig, 2 *g*. — **Study**: Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Differentialgeometrie II: Theorie der Flächen, 2; Höhere Geometrie II, 1 *g*; Mathematisches Seminar: Vortragsübungen, 14tägig, 2 *g*. — **Ruhm**: Rechnerische und zeichnerische Methoden der technischen Mechanik, mit Übungen, 2 *g*. — **Müller**: Determinantentheorie, 2; Variationsrechnung, 3. — **Küstner**: Sphärische Astronomie, 3; Fixsternkunde, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer), tägl. — **Mönnichmeyer**: Gebrauch der astronomischen Jahrbücher, 2 *g*. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Diesselhorst: Experimentalphysik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Elektromagnetismus, 2, Übungen, 1; Physikalisches Praktikum I: Einfache experimentelle Aufgaben aus allen Teilen der Physik, II: Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Laboratorium; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Weber**: Potentialtheorie mit Anwendungen auf die Elektrostatik, 2. — **Bergwitz**: Elektrizitätsleitung in Gasen, 1. — **Witte**: Analytische Mechanik: Mechanik eines materiellen Punktes, 2. — **Micheler**: Einführung in die Photographie, 1; Die Photographie in natürlichen Farben, 1; Spezielle Photographie, 2; Photographische Übungen, für Anfänger und Fortgeschrittene, 3. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Übungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum, für Anfänger, 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium, für Fortgeschrittenere, 9. — **Brünig**: Elektrotechnische Konstruktionen, 2, Übungen, 2. — **Hofmann**: Grundlagen für den Automobilbau, 2. —

Meyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Chemie der organischen Farbstoffe, 3; Arbeiten im chemischen Laboratorium; Chemisches Kolloquium (mit Freundlich), nach Verabredung *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Grundzüge der Chemie, 3. — **Freundlich**: Physikalische Chemie, 2; Metallurgie, 2; Chemie der Metalle, 1; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie. — **Reinke**: Chemische Technologie II 1, 6; Chemisch-technische Analyse I, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe; Chemische Technologie in den deutschen Kolonien, 1; Seminaristische Übungen auf dem Gebiete der chemischen Technologie II, monatlich 2 *g*. — **Beckurts**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Grundzüge der Maßanalyse, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie und in der Nahrungsmitteluntersuchungsstelle. — **Troeger**: Analytische Chemie, für Pharmazeuten, 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2. — **Emde**: Chemische Tagesliteratur, 1. —

Dedekind: Elemente der Zahlentheorie, 2; Einleitung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1. — **Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 4; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2, II, 2. — **Timerding**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Algebra, 2; Geometrie der Lage, 2. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik II: Dynamik, 3, Übungen und Repetitorium, 2; Berechnung und Konstruktion von Flugzeugen, 1; Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Eisenhochbauten, ihre Berechnung und Konstruktion, 2, Übungen, 4; Statik der Baukonstruktionen I, 3, Übungen, 4, II, Übungen, 4. — **Näbauer**: Grundzüge der Geodäsie, 2, Übungen, 2; Geodäsie II, 3, Übungen, 1; Höhere Geodäsie, 2; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Planzeichnen, 4. —

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schaefer und Waetzmann), 3, (mit Schaefer, Waetzmann und Ladenburg), 3, für Mediziner (mit Ladenburg), 3, für Pharmazeuten (mit Ladenburg), 3, für Geübtere (mit Pringsheim, Schaefer und Waetzmann), tägl. — **Pringsheim**: Theorie der Wärme, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Schaefer**: Theoretische Physik II: Mechanik der Kontinua (Elastizitätstheorie und Hydrodynamik), 4. — **Waetzmann**: Einführung in die theoretische Elektrizität und Optik, 2. — **Ladenburg**: Theorie der optischen Abbildung, 2. — **von dem Borne**: Meteorologie, 3; Geophysikalische Übungen und Besprechungen, nach Verabredung *g*. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

Biltz: Organische Experimentalchemie, 4; Chemische Referate für Vorgeschrittenere (mit v. Braun, Meyer, Sackur, Koenigs und Arndt), 14tägig, 2 *g*; Chemisches Praktikum, in der organischen Abteilung, ganztägig, in der unorganischen Abteilung (mit v. Braun), tägl. außer Sonnabend, für Landwirte, 4, für Mediziner (mit Meyer), 4. — **Schenk**: Physikalische Chemie der Metalle, 1 *g*; Physikalische Chemie I, 3; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie für Anfänger, 4; Großes Praktikum in physikalischer Chemie und Elektrochemie, tägl. — **Gadamer**: Organische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **v. Braun**: Analytische Chemie I, 2; Besprechung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g*. — **Ehrlich**: Die chemischen Vorgänge in der Pflanze, 1 *g*; Chemische, biochemische und technische Arbeiten im landwirtschaftlich-technologischen Institut, für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Landwirtschaftlich-chemische Technologie I: Zucker, Stärke usw., mit Exkursionen, 2; Gasanalytische und chemisch-technische Untersuchungen, 4; Chemischer Einführungskursus für Landwirte, 3. — **Sackur**: Einführung in die Chemie, für Zahnärzte, 3; Radioaktivität, mit Experimenten, 1; Bestimmung von Molekulargewicht und Konstitution nach physikalisch-chemischen Methoden, 1, Praktische Übungen, 3; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Meyer), 1 *g*. — **Herz**: Einführung in die physikalische Chemie, 2; Die physikalisch-chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Grundlagen der Maßanalyse, 1; Anwendungen der Maßanalyse, mit besonderer Berücksichtigung des deutschen Arzneibuches, 1; Besprechungen zur qualitativen Analyse, 1 *g*. — **Meyer**: Chemie der Metalle, 2; Gasanalytisches Praktikum (mit Arndt), 3. — **Fischer**: Kolloidchemie II: Adsorption, 1. — **Koenigs**: Farbstoffe, 1. — **Arndt**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Danckwortt**: Ausmittelung der Gifte, 2. —

Sturm: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Zahlentheorie, 2. — **Kneser**: Variationsrechnung, 4; Determinanten, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Schmidt**: Mengenlehre, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*; Elliptische Funktionen, 4. — **Schnee**: Integralrechnung, 4, Übungen,

2. — **Steinitz**: Analysis situs und Polyeder, 3, Übungen zur Analysis situs, 1 *g*. —

Technische Hochschule Breslau.

Lummer: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Praktikum, 3. — **von dem Borne**: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Luftschiffahrt: Theorie der Luftschiffahrt, 2. — **Hilpert**: Elektrotechnik I, 4; Elektromaschinenbau I und II, 2, Übungen, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II, 4, III, 8. — **Euler**: Elektrotechnische Meßkunde I und II, 2; Elektrische Kraftanlagen I, 2, Übungen, 4. — **Grosse-Leege**: Telegraphie und Telephonie, 2. —

Stock: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Anorganisch-chemisches Praktikum, ganz- oder halbtägig, tägl.; Chemisches Kolloquium (mit Schenck und Semmler), 14tägig, 2 *g*. — **Lüty**: Anorganisch-chemische Technologie, 4; Praktikum im Institut für anorganisch-chemische Technologie, tägl. — **Schenck**: Physikalische Chemie I und II, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittenere, tägl.; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie, 4. — **Semmler**: Organische Technologie, 3; Organisch-chemisches Praktikum, ganz- oder halbtägig, tägl. — **Nauß**: Technische Gasanalyse, 1. —

Steinitz: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 3. — **Dehn**: Höhere Mathematik III, 2, Übungen, 2, für Chemiker und Hüttenleute, 3, Übungen, 1. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Flächentheorie und Differentialgeometrie, nach Verabredung. — **Schnee**: Ausgewählte Kapitel der Analysis, nach Verabredung. — **Mann**: Mechanik (Graphische Statik) I, 3, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2. —

Technische Hochschule Brünn.

Jaumann: Allgemeine und technische Physik, $3^1/_2$; Theoretische Physik, $1^1/_2$; Physikalisches Praktikum, für Chemiker und Maschinenbauer (mit Lohr), 3, für Bauingenieure (mit Szarvassi), 3. — **Szarvassi**: Elektrizitätsleitung in Gasen, 2. — **Lohr**: Elektromagnetische Theorien für bewegte Körper, 2. — **Zickler**: Allgemeine Elektrotechnik, 5; Elektrotechnisches Praktikum II, 8. — **Niethammer**: Bau elektrischer Maschinen II, 3; Projektierung elektrischer Anlagen, einschließlich elektrischer Arbeitsübertragung, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen I, 10, II, 2. — **Siegel**: Elemente der Elektrotechnik, 2. — **Filepek**: Telegraphie und Telephonie, 2. —

Frenzel: Anorganische Chemie, 6; Analytische Chemie II: Spezielle analytische Methoden, 2; Chemische Übungen I, 22, II, $19^1/_2$; Elektrochemisches Praktikum, 3; Physikalische Chemie II, 3. — **Hönig**: Agrikulturchemie, 3; Chemische Übungen aus Agrikultur- und Nahrungsmittelchemie, 11; Organische Chemie II, 4. — **Gröger**: Enzyklopädie der technischen Chemie, $1^1/_2$ und 3. — **Knöpfer**: Konstitutionsbestimmungen organischer Verbindungen, 2. — **Donath**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe I, 3; Chemische Technologie organischer Stoffe I, 3; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie I (mit Margosches), 20. — **Margosches**: Chemische Technologie organischer Stoffe III, 2; Chemische Technologie III: Anleitung zu chemisch-technischen Untersuchungen, 2; Chemische Technologie der organischen Kolloide, 2. — **Ulrich**: Chemische Technologie organischer Stoffe II, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 1; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie II, insbesondere der Farb- und Faserstoffe, 14; Spezielle chemische Technologie der Farbstoffe, 1; Spezielle chemische Technologie der Faserstoffe, 1; Grundzüge der Textilchemie, 1. —

Tietze: Mathematik Ia, 7, Korrepetitionen, 1. — **Waelsch**: Mathematik Ib, 3, Korrepetitionen, 1; Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 5, Übungen, 8. — **v. Schrutka**: Mathematik II 2, 3, Korrepetitionen, 1; Elemente der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 1; Nomographie, 1. — **Benze**: Mathematische Statistik, 2. — **Fanta**: Versicherungsmathematik II, 2, Übungen, 1. — **Löschner**: Technisches Zeichnen II, 4; Situationszeichnen, 2; Niedere Geodäsie, 5; Vermessungsübungen, $4^1/_2$; Elemente der niederen Geodäsie, Situationszeichnen, 2; Höhere Geodäsie, 3. — **Musil**: Technisches Zeichnen: Maschinenzeichnen, 9. — **N. N.**: Mechanik IIa, $3^1/_2$, Übungen, 2, IIb, $1^1/_2$; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2; Mechanisches Seminar, für Vorgeschrittene, $1^1/_2$. —

Universität Czernowitz.

v. Geitler: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger I, für Physiker und Mathematiker, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Physikalische Übungen für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Besprechung physikalischer Fragen (mit Radaković und Conrad), 14tägig, 2 *g*. — **Radaković**: Elektrizität und Magnetismus, 5; Seminar für mathematische Physik, 2. — **Conrad**: Kosmische Physik, Bewegungsvorgänge auf und in der Erde, 4; Einführung in die Erdbebenkunde, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*. —

Pomeranz: Allgemeine Chemie I, 5; Thermochemie und Photochemie, 2; Chemische Übungen für Anfänger und Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Lindner**: Aromatische Verbindungen, 2. —

Plemelj: Funktionentheorie, 5; Seminar für Mathematik, 2; Proseminar für Mathematik, 2. — **Hahn**: Grundlagen der Geometrie, 3, Übungen, 2; Determinanten, 3, Übungen, 2. — **Kruppa**: Analytische Geometrie, 3. —

Technische Hochschule Danzig.

Krüger: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, Optik, 5; Kleines physikalisches Praktikum, 8; Großes physikalisches Praktikum, tägl.; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Physik, 1. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 1; Theoretische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 2; Photographie und photographische Reproduktionsverfahren, 1, Übungen I, für Anfänger, 3, II, für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten im photographischen Laboratorium, tägl. — **Roeßler**: Elektrotechnik II, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II und III, 9; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4, für Maschinenbauer, 2; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Roth), 2, Übungen, 4. — **Grix**: Elektrische Hausinstallationen und Beleuchtungstechnik, 1; Elektrische Bahnen, 2, Übungen, 4; Schwachstromtechnik, einschließlich Hochfrequenztechnik, 2. — **Roth**: Elektromaschinenbau, 1, Übungen, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Apparate und Schalttafelbau, 2, Übungen, 4. —

Ruff: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium (mit Wohl), für Fortgeschrittene, 2 *g*; Praktikum im anorganisch-chemischen und elektro-chemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie I, 4; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium und Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **v. Wartenberg**: Physikalische Chemie I, 3; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 3; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum I, 4; Großes physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Claaß**: Quantitative chemische Analyse, 2. — **Glimm**: Spezielle Technologie der Gärungsgewerbe, 2; Physiologische Chemie, 2; Praktikum für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und Gärungsphysiologisches Praktikum, tägl.; Kurse für Gärungsgewerbe, mehrere Wochen. — **Jellinek**: Angewandte physikalische Chemie I, 2. —

v. Mangoldt: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 1. — **Lorenz**: Dynamik starrer Körper, 2, Übungen, 2; Festigkeitslehre und Hydraulik, 4, Übungen, 3. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 5; Analytische

Theorie der Raumkurven, 1 *g*. — **Sommer**: Höhere Mathematik I, mit Übungen, 6; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 1. — **v. Brunn**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 2. — **N. N.**: Theorie der Regulierung, 2, Übungen, 1; Aerodynamik, 2. — **Föttinger**: Einführung in die Physik der technischen Strömungserscheinungen, mit Demonstrationen, 2. — **Eggert**: Geodäsie I, 2, II, 2; Planzeichnen, 2; Geodätisches Praktikum I und II, 2. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Geometrische Optik, Wellenlehre des Lichtes, Akustik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Zeißig), nach Verabredung; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Zeißig), 1 *g*. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Akustik, Optik, 4; Physikalische Meß- und Instrumentenkunde, 1 *g*; Seismometrie und ihre Anwendungen, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der allgemeinen Physik, 1. — **Baerwald**: Allgemeine Elektronik, mit Demonstrationen, 2. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente I, 2. — **Limmer**: Photographische Übungen A und B, für Anfänger und Fortgeschrittene, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Photographie, 2; Die Herstellung von Lichtbildern und Vergrößerungen, 2; Photographisches Kolloquium, 1 *g*, — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II: Theoretischer Teil (Wechselstromtechnik), 3, Übungen (mit Petersen), 2, Praktischer Teil (Fortsetzung), 2; Selbständige Arbeiten für vorgeschrittenere Studierende (Praktikum III) (mit Petersen), nach Verabredung. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Sengel), 4 halbe Tage; Elektrische Wellen: Hochfrequenztechnik, 2. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 3, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 2. — **Petersen**: Übungen im Hochspannungslaboratorium, 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik, 1; Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1. —

Wöhler: Anorganische Experimentalchemie, 4; Theoretische Chemie I, 2; Kolloquium über chemische Tagesfragen, 1; Chemisches Praktikum für anorganische und physikalische Chemie (mit Kolb, D'Ans und Schäffer), tägl. außer Sonnabend. — **Finger**: Organische Experimentalchemie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Alkaloide, 2; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Friedlaender), tägl. außer Sonnabend. — **Kolb**: Analytische Chemie II, 2; Analytische Chemie der seltenen Elemente, 1; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Heuser**: Organische Experimentalchemie, einschließlich Zellulosechemie und Teerfarbenchemie, 4; Organisch-chemisches Praktikum, nach Verabredung; Papier-Färberei-Praktikum, nach Verabredung. — **Friedlaender**: Über Zwischenprodukte der Teerfarbenfabrikation, 1 *g*. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 2. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 4; Chemisches, chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum (mit Neumann und Sem), tägl. außer Sonnabend. — **Neumann**: Gasanalytische Methoden, 2, mit Übungen; Eisenhüttenkunde, 1; Brennstoffe, Verbrennungsvorgänge, Heiz- und Kraftgase, Feuerungskontrolle, 1, Übungen, 1. — **Moldenhauer**: Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation, 2; Elektrochemische Übungen, 4. — **Vaubel**: Theoretische Chemie I: Stereochemie, 1, Übungen, 3; Die physikalischen und chemischen Methoden der quantitativen Bestimmung organischer Verbindungen, 2; Chemie der Fette und Öle und daran anschließend Firnisse und Lacke, 1. — **D'Ans**: Heterogene Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre, 2; Einführung zu den Übungen zur theoretischen Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der allgemeinen Chemie, 1. — **Sonne**: Chemisch-technische Untersuchung von Explosivstoffen, mit Vorführungen, 1. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen, 1, Übungen, 8. —

Graefe: Trigonometrie, mit Übungen, 3; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Geschichte der Mathematik, 1. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 6, Übungen, 4, II, 2, Übungen, 1. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Geometrie, 2. — **Schleiermacher**: Rechenapparate und wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Aerodynamik in Beziehung zur Luftschiffahrt, 2 *g*. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Kurvenkonstruktionen, 2; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Gay), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6, II, 2. — **Hohenner**: Geodäsie, 4; Höhere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen I, 2; Geodätische Ausarbeitungen, 2; Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Praktische Geometrie, 2. — **Assistenten**: Planzeichnen, 4. — **Gasser**: Aeronautik, 2; Katastertechnische Berechnungen, 1 *g*. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik II, 6, Übungen (mit Graefe), 2 und 3; Die allgemeinen Theorien der bestimmten ebenen Fachwerke, 1. — **Blaeß**: Ausgewählte Abschnitte aus der technischen Mechanik, 2 *g*. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum I, 6 oder 3, II, einschließlich Laboratoriumstechnik, für Fortgeschrittene, 9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten, 20; Physikalisches Kolloquium (mit Helm, Toepler und Dember), 14tägig, 1 *g*. — **Toepler**: Theoretische Physik II: Wärme, 3; Mechanik, ausgewählte Abschnitte, 1. — **Dember**: Die elektromagnetischen Strahlen: Hertzsche Wellen, Wärmestrahlen, sichtbares Licht, ultraviolettes Licht, Röntgenstrahlen, 1. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik II, 2; Theorie des Wechselstromes II, 2; Starkstromanlagen, 2, Übungen, 2; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Elektrotechnisches Praktikum für Maschinen-, Elektro- und Betriebsingenieure, sowie für Chemiker, 4; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20. — **Kübler**: Elektromaschinenbau II, 2, IV, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen für Elektroingenieure, 12, für Maschinen- und Betriebsingenieure, 4; Heizer- und Maschinistenkursus für Studierende, nach Verabredung. — **Barkhausen**: Telephonie und Telegraphie (wissenschaftliche Grundlagen), 2; Schaltvorgänge, 1; Praktikum für Schwachstromtechnik, insbesondere drahtlose Telegraphie I und II, 2. —

Foerster: Ausgewählte Kapitel aus der speziellen anorganischen Chemie, 1; Anorganisch-chemisches Praktikum: a) Qualitative Analyse, 12, b) Gewichts-, Maß- und Gasanalyse, Präparate, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemisches und anorganisch-chemisches Kolloquium (mit Erich Müller, Luther und Lottermoser) 1 *g*. — **v. Meyer**: Organische Chemie, 5; Organisch-chemisches Praktikum (mit v. Walther), halb- und ganztägig, tägl. außer Sonnabend; Kolloquium: Freie Vorträge über wichtige Probleme der Chemie (mit König und v. Walther), 1 *g*. — **Luther**: Photographie, 2; Photographisches Praktikum, für Anfänger und Vorgeschrittene, 4 und 8; Selbständige Arbeiten im wissenschaftlich-photographischen Institute, 2 und 4. — **Erich Müller**: Elektrochemie, ihre Theorie und technische Anwendung, 2; Physikalische (theoretische) Chemie II, 3; Praktikum für Elektrochemie, 8; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **König**: Chemie der Textilindustrie; Gewinnung der Spinnfasern und ihre Veredelung durch Bleicherei, Färberei, Zeugdruck und Appretur, 3; Chemie des Steinkohlenteers: Die Rohmaterialien und Zwischenprodukte für die Industrie der organischen Farbstoffe, 2;

Praktikum für Farbenchemie, 8; Praktikum für Farbenchemie bzw. für Färbereitechnik, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie bzw. Färbereitechnik, ganztägig, tägl. außer Sonnabend. — **Hempel**: Chemische Großindustrie, 2; Metallurgie, 2. — **Renk**: Nahrungsmittelchemie, 2; Wohnungshygiene, 1; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, tägl. außer Sonnabend. — **Lottermoser**: Ausgewählte Kapitel aus der angewandten physikalischen Chemie: Spezielle Theorie der Kolloide, Beweise für körperliche Existenz der Moleküle, elektrolytische Dissoziation, Anomalien starker Elektrolyte, 1. — **v. Walther**: Chemie und Technologie der Riechstoffe, 2. — **Dietz**: Chemische Technologie der Tonwaren, 1. — **Thiele**: Brennmaterialien, Theorie der Feuerungen, 1; Anorganisch-chemisches Praktikum, 4. — **Grube**: Die Phasenlehre, ihre Theorie und ihre Anwendung in der chemischen Technik, 1. —

Helm: Höhere Mathematik IV, 3. Seminaristische Übungen (mit Naetsch), 1; Potentialtheorie, 2, Seminaristische Übungen, 14tägig, 1. — **Krause**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 2; Höhere Mathematik für die Hochbau- und Chemische Abteilung, 2; Höhere Algebra, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*; Seminaristische Übungen für Physiker (mit Naetsch), 1 *g*. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie II, 3, Übungen, 4; Perspektive, mit Übungen, 1; Analytische Geometrie der Flächen II. Grades, 3; Geschichte der Mathematik im Aitertum, 2 und 1. — **Naetsch**: Theorie der Raumkurven und krummen Flächen: Differentialgeometrie, 3; Elementare Algebra und Analysis, 2; Anwendungen der Theorie der elliptischen Funktionen, 1. — **Heger**: Ebene Kurven dritter Ordnung, 1. — **Pattenhausen**: Geodäsie I, 2, Übungen, 2, II, 3, Übungen, 2; Höhere Geodäsie II, 2, Übungen, 2; Geodätische Ausarbeitungen, 2; Graphische Ausarbeitungen, 2; Geodätische Rechenübungen, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Katastervermessung I, 2; Planzeichnen I, 2. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik: Mechanik, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (Chemiker, Mediziner usw.), 2; Physikalisches Halb- und Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Reiger**: Theoretische Physik II, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium (mit Würschmidt), 1 *g*. — **Würschmidt**: Thermodynamik, 2. —

O. Fischer: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium: a) Analytisch-chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, b) Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend, c) Praktikum für Mediziner, 4. — **Busch**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 3; Grundlagen der Nahrungsmittelchemie, für Chemiker und Pharmazeuten, 2; Chemisches Praktikum, Voll- und Halbpraktikum, tägl.; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum I u. II, tägl. außer Sonnabend; Nahrungsmittelchemisches Praktikum, Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Kolloquium über neuere chemische Literatur (mit Jordis), 1 *g*. — **Henrich**: Analytische Chemie: Qualitative und quantitative Analyse der Metalle mit besonderer Berücksichtigung der Gewichtsanalyse, 3; Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie (Chemisches Seminar III), 2; Gasanalyse, 2; Anleitung zur Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Untersuchungen, tägl. *g*. — **Jordis**: Physikalische Chemie I, 2; Chemisches Seminar, 2; Elektrochemisches, physikalisch-chemisches und kolloid-chemisches Praktikum, 4. —

Noether: Analytische Geometrie I, 4, Übungen, *g*; Analytische Mechanik II, 4, Übungen, *g*; Mathematisches Seminar, nach Verabredung, *g*. — **E. Fischer**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1 *g*; Zahlentheorie, 4; Mathematisches Seminar, *g*. — **Baldus**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 2 *g*; Elementarmathematik vom höheren Standpunkt, 2; Politische Arithmetik für Juristen, 1, Übungen, 1; Wahrscheinlichkeitsrechnung für Versicherungsmathematiker, 2, Übungen, 1. —

Physikalischer Verein Frankfurt a. M.

Wachsmuth: Experimentalphysik: Wärme, 1; Einführung in die Maxwellsche Theorie, 1; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 1½; Kleines physikalisches Praktikum: a) Einführung in die Experimentalphysik, b) Einführung in die Meßmethoden, 8; Physikalisches Praktikum, tägl.; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, ganztägig. — **Déguisne**: Einführung in die Elektrotechnik I: Gleichstrom, 2; Kleines elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik, Photometrie, 4, II: Maschinen, Transformatoren, 4; Großes elektrotechnisches Praktikum, tägl. — **Linke**: Allgemeine Meteorologie, 1½; Geophysikalische Übungen, 2. — **Seddig**: Praktikum für wissenschaftliche Photographie, 8; Wissenschaftliche Photographie, 1; Spektralanalyse, 1. —

Freund: Anorganische Experimentalchemie mit spezieller Berücksichtigung der Technologie, 2; Kleines chemisches Praktikum für Anfänger: Darstellung chemischer Präparate, Einführung in die qualitative und quantitative Analyse, Nahrungsmittelanalyse, 8; Großes chemisches Praktikum, tägl.; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene, ganztägig; Einführung in das Praktikum der qualitativen Analyse (mit Speyer), 2; Praktische Übungen in der Färberei der Textilfasern (mit Mayer), 2. — **Lorenz**: Atomistik: Kinetische Theorie der Materie, 2; Kleines Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, 8; Großes Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, tägl.; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene, ganztägig. — **Fleischer**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2; Chemie der neueren Arzneimittel, 1. — **v. Kapff**: Textilwaren, deren Rohstoffe, Verarbeitung und Eigenschaften, 3. — **Becker**: Angewandte Chemie und Bakteriologie in Industrie, Handel und Gewerbe, Chemisch-technische Warenkunde, Ausgewählte Kapitel der kolonialen Technik, mit Exkursionen, 2; Kleines chemisches Praktikum: Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Handelswaren, auch für Anfänger, 5. — **Mayer**: Einführung in die organische Chemie auf elementarer Grundlage, 1; Chemie und Technologie der Farbstoffe, 2. —

Brendel: Übungen in astronomischer Orts- und Zeitbestimmung mit Berücksichtigung der Bedürfnisse der Luftschiffahrt (mit Brill), 4; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1. — **Schönflies**: Einführung in die Integralrechnung, 2; Einführung in die analytische Mechanik, 2. —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Reinganum), für Mediziner und Pharmazeuten, 3, für Naturwissenschaftler, 6; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Koenigsberger**: Mathematische Physik mit Übungen: Optik, 3; Theorie der materiellen Strahlung mit Experimenten, 1; Besprechung von Themata zu selbständigen Arbeiten, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Reinganum**: Physik der Luftfahrt, 2; Besprechung neuerer Probleme der Physik, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Gaede**: Technisch-physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler: Übungen in der Selbstanfertigung von Apparaten, der Vorführung von Demonstrationsversuchen und der Behandlung elektrischer Maschinen, 2, für Mediziner, mit besonderer Berücksichtigung der Röntgenstrahlentechnik und Mikroskopie, 2. — **Ferrars**: Allgemeine Theorie und Praxis der Photographie, wissenschaftlich und künstlerisch, 2. —

Gattermann: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Fromm, Windaus, Meigen, Riesenfeld und Lenhard): a) für Chemiker, ganztägig, tägl. außer Sonnabend, b) für Nichtchemiker, halbtägig; Übungen im Experimentieren und Vortragen für

künftige Lehrer der Chemie II (organisch) (mit Lenhard), 2 *g*; Chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Meyer**: Elektrochemie mit Demonstrationen, 2; Photographie mit praktischen Übungen und Demonstrationen, 2; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 2; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten, nach Verabredung. — **Fromm**: Organische Experimentalchemie, 5. — **Windaus**: Methoden der organischen Chemie I, 2; Seminar für organische Chemie, 1. — **Meigen**: Quantitative Analyse, 2; Qualitative Analyse, einschließlich Spektral- und Mikroanalyse, 3, Übungen, 1. — **Riesenfeld**: Anorganische Technologie, einschließlich Apparatenkunde, mit Exkursionen, 3; Elektrochemisches Praktikum, 2. — **Lenhard**: Didaktische Besprechung der organischen Chemie für Lehramtskandidaten und Nichtchemiker, 2, Repetition, 1; Anorganische Chemie, Repetition, 1; Chemische Gleichungen und chemisches Rechnen: Stöchiometrie, für Anfänger, 1. —

Stickelberger: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1; Infinitesimalgeometrie, 3. — **Hefftter**: Synthetische Geometrie der Ebene und des Raumes, mit Übungen, 4; Algebra der Formen: Determinanten, Formen, Invarianten, 3, Übungen, 1 *g*. — **Bolza**: Variationsrechnung, 3, Übungen, 1 *g*. — **Loewy**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1; Einführung in die Versicherungsmathematik, 2. — **Seith**: Schulmathematik, 2. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5; Grundlagen der Molekularphysik, 1; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturforscher, 6, für Vorgeschrittene, nach Verabredung, für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Geometrische und physikalische Optik, 3; Theoretisch-physikalische Übungen, 1. — **Noack**: Physikalisches Handfertigkeits-Praktikum mit Experimentierübungen, 3, 6 oder 9. — **Uller**: Theorie und Gebrauch physikalischer Apparate, 1. — **Cermak**: Das Grenzgebiet zwischen Optik, Elektrizität und Magnetismus, 1. — **Peppler**: Das Klima von Mitteleuropa, 1. — **Jentzsch**: Kinetische Theorie der Gase und Flüssigkeiten, 1; Übungen zur allgemeinen Mikroskopie, für Mediziner und Ärzte, 2. —

Elbs: Chemisches Praktikum, tägl., für Landwirte, halbtägig; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen (mit Brand) für Mediziner und Veterinärmediziner, 5; Chemisches Kolloquium, $1^1/_2$; Organische Experimentalchemie, $4^1/_2$, Ergänzungsvorlesung, 1 *g*. — **Brand**: Experimentelle Elektrochemie, Allgemeiner Teil: Einleitung zur Vorlesung über spezielle experimentelle Elektrochemie, 2; Technologie der Farbstoff- und Heilmittelzwischenprodukte, 1. — **Feist**: Pharmazeutisch-chemische Präparate, organischer Teil, 2; Untersuchung von Trinkwasser und Harn, 2. — **v. Liebig**: Chemie der Pflanzenstoffe: Benzolabkömmlinge, 1; Grenzfragen der Chemie, 1 *g*. — **Beschke**: Die Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 2. — **Thomae**: Kolloidchemie und Ultramikroskopie, $^3/_4$. —

Schlesinger: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1; Bestimmte Integrale, 3; Mathematisches Seminar: Über Differentialgleichungen, 1 *g*. — **Engel**: Analytische Geometrie des Raumes, 1; Höhere Algebra, 4; Partielle Differentialgleichungen, 3; Mathematisches Seminar, $1^1/_2$ *g*. — **Graßmann**: Analytische Mechanik II, mit Übungen, 5; Konforme Abbildungen mit Anwendungen auf Kartenprojektion, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 14tägig, 1. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Wärme, 3; Praktische Übungen im Physikalischen Institut (mit Voigt, Simon, Madelung, Rümelin, Försterling, Rausch v. Traubenberg, Freedericksz, Wilsar und Grotrian), für Mathematiker und Physiker, 4, für Chemiker und Naturwissenschaftler, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten Vorgeschrittener (mit Voigt), tägl. außer Sonnabend. — **Voigt**: Theorie und Anwendung des Potentiales, 4, Übungen, 2 *g*; Mathematisch-physikalisches Seminar: Experimentalvorträge über Spektroskopie (mit Runge und Bestelmeyer), 2 *g*. — **Wiechert**: Vermessungswesen, theoretischer Teil: Höhere Geodäsie, Markscheidekunde, Nautik, Rechnungsmethoden, 4; Geophysikalisches Praktikum, nach Verabredung; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge über Fragen der Geonomie: Geodäsie und Geophysik, 1 *g*; Höhere Elektrodynamik, dabei Elektronentheorie und Relativitätstheorie, 4. — **Prandtl**: Hydrodynamik und Aerodynamik, 3; Kolloquium über Fragen der Luftfahrt, 1 *g*; Mechanikpraktikum (mit Kumbruch und Pohlhausen) I, für Anfänger, 3, II, für Fortgeschrittenere, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik und Wärmelehre, tägl. außer Sonnabend. — **Simon**: Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 4; Elektrotechnisches Praktikum I, 3, II, 3; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl.; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge über ausgewählte Fragen der angewandten Elektrizität, 2 *g*. — **Rümelin**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, mit Übungen, 3. — **Born**: Grundzüge der mathematischen Physik II, 4. — **Hertz**: Strahlungstheorie und Quantentheorie, 2. — **Reich**: Geschichtliche Wandlungen der Theorie der Elektrizität, 1 *g*. — **Madelung**: Magnetismus, 1. — **Rausch v. Traubenberg**: Radioaktivität, 1. — **Nachtweh**: Einführung in Technologie und Technik, $1^1/_2$. — **Winkler**: Übungen in physikalisch-technischen Handfertigkeiten, 4. —

Wallach: Allgemeine Chemie I: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemische Übungen und wissenschaftliche Arbeiten (mit Mannich, Kötz, Borsche und Sielisch), Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Kolloquium für Fortgeschrittene, 1 *g*. — **Tammann**: Physikalische Chemie, 2; Chemische Thermodynamik, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, ganztägig; Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig; Kolloquium, 1 *g*. — **Zsigmondy**: Reversible Kolloide mit besonderer Berücksichtigung der organischen, 1 *g*; Über kolloidale Oxyde, Sulfide und Salze, 1; Praktikum der anorganischen Chemie für Vorgeschrittene, ganz- und halbtägig; Praktikum der Kolloidchemie, 2. — **Kötz**: Qualitative und quantitative analytische Methoden, 2; Der Wert der vergleichenden Chemie für Lehre und Forschung, 1; Chemisches Konversatorium, 1; Vorträge über Fragen der chemischen Technologie im chemischen Kolloquium, 1 *g*; Studienreise zur Kenntnis der chemischen Großindustrie, *g*. — **Coehn**: Anwendungen der physikalischen Chemie auf technische Prozesse, 1; Photographisches Praktikum: a) für Anfänger, b) für Fortgeschrittene, 3; Photochemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Mannich**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, mit Experimenten, 4; Nahrungsmittelchemie, $1^1/_2$; Kolloquium über pharmazeutische Chemie, 1 *g*; Praktische Übungen in pharmazeutischer, toxikologischer und Nahrungsmittelchemie, für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **Borsche**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2; Chemische Technologie organischer Verbindungen II, 2. — **Sielisch**: Chemie der Eiweißkörper, 1; Chemische Besprechungen für Mediziner, 2. —

Hilbert: Analytische Mechanik, 4; Elektromagnetische Schwingungen. 2 *g*. — **Runge**: Differential- und Integralrechnung II, 6, Übungen, 2; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge über ausgewählte Kapitel der Mechanik der Kontinua (mit Prandtl), 2 *g*. — **Landau**: Zahlentheorie, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar: Mathematische Übungen für mittlere Semester, 1 *g*. — **Hartmann**: Allgemeine Astrophysik, 1; Astronomische und astrophysikalische Übungen für Anfänger und Lehramtskandidaten, 3; Leitung astrophysikalischer und astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, 12; Astronomisches

Seminar, 2 *g*. — **Carathéodory**: Projektive Geometrie, 4; Konforme Abbildungen, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge über ausgewählte Kapitel und Anwendungen der Variationsrechnung (mit Courant), 1 *g*. — **Ambronn**: Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 2. Praktische Übungen, 14tägig, 1 Nachmittag; *g*; Astronomische Übungen für Anfänger und für Lehramtskandidaten, 4—5; Leitung astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. — **Bernstein**: Ausgewählte Kapitel der Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1; Mathematische Statistik und Versicherungsmathematik, 3; Versicherungsrechnung, 2; Seminar für Versicherungswissenschaft: Vorträge über ausgewählte Gegenstände der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Versicherungsmathematik, 2 *g*. — **Toeplitz**: Partielle Differentialgleichungen, einschließlich Integralgleichungen, 4; Elementarmathematik vom höheren Standpunkt, 4. — **v. Sanden**: Graphische Statik, 3. Übungen, 2; Vektoranalysis, 2. — **Courant**: Reihenentwickelungen und ihre Anwendungen, 4; Übungen über Anwendungen der Differentialgleichungen, 2. — **Hecke**: Die historische Entwicklung der mathematischen Grundbegriffe, 2; Übungen zur Mechanik, 2. —

Universität Graz.

Benndorf: Experimentalphysik I, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physik III: Molekularphysik und Wärmelehre, für Vorgeschrittene, 2; Physikalische Übungen I, für Chemiker und Naturhistoriker, 6 *g*, II, für Mathematiker und Physiker, 6 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, *g*; Physikalisches Konversatorium, 14tägig, 2. — **Waßmuth**: Elektrizität und Magnetismus, 5; Übungen im Seminar für mathematische Physik, 3 *g*. — **Streintz**: Über neuere Forschung auf dem Gebiet der Wärmelehre, 2. — **v. Ficker**: Allgemeine Meteorologie, 3; Einführung in die Ozeanographie, 2. —

Scholl: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger (mit Skrabal), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4, für Vorgeschrittene, tägl. — **Kremann**: Physikalische Chemie III, 3; Die physikalisch-chemischen Arbeits- und Meßmethoden, 2; Physikalisch-chemisches und metallographisches Praktikum, für Vorgeschrittene, tägl. — **Skrabal**: Pharmazeutische Chemie, 4; Analytische Chemie, 1; Praktikum aus anorganischer und analytischer Chemie für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **v. Hemmelmayr**: Chemische Fabriksindustrie der anorganischen Stoffe, mit Exkursionen, 2. —

v. Dantscher: Allgemeine Arithmetik, Einleitung in die Analysis, 5; Mathematisches Seminar I, 2 *g*. — **v. Daublebsky**: Grundzüge der analytischen Geometrie, 4; Ergänzungen zur Differential- und Integralrechnung, 1; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streißler**: Darstellende Geometrie: Zentrale Projektion, 3. — **Hillebrand**: Theoretische Astronomie in elementarer Darstellung, 3; Astronomische Chronologie, 1; Einführung in die Theorie der Integralgleichungen, 1. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik, 5; Elektrotechnik, 3. Übungen: Praktische Messungen, 8. — **Streintz**: Physik, 5, für Geodäten, 5. —

Emich: Allgemeine Experimentalchemie: Anorganische Chemie, 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene; Anleitung zur mikrochemischen Analyse, für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse I, 2, Laboratoriumsunterricht und Übungen, 14; Chemische Technologie der organischen Stoffe, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der Darstellung organisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe, für Vorgeschrittene. — **B. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse, 1, Seminar, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der quantitativen chemischen Gewichtsanalyse, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der anorganisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, für Vorgeschrittene. — **v. Cordier**: Geschichte der Chemie von Lavoisier bis zur Gegenwart, 2; Über Alkaloide und ihre Synthese, 1. — **Kremann**: Das Massenwirkungsgesetz und seine Anwendung auf technische Probleme, 2. — **v. Hemmelmayr**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. —

Hocevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Weitzenböck**: Elemente der höheren Mathematik, 4; Sphärische Trigonometrie und deren Anwendungen, 2. — **v. Peithner**: Mathematik II, 4, Übungen, 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 5, Repetitorium, 2, Übungen, 6, Seminarübungen: Unterseminar, 2, Oberseminar für Vorgeschrittene, 2; Projektive Geometrie I, 3, Übungen, 3; Geometrische Abbildungen, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik, einschließlich der Elemente der graphischen Statik I, 4, Übungen, 3 und 2; Technische Mechanik I, 4. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie, 4; Elemente der niederen Geodäsie, 4; Geodätische Zimmerübungen, $1^1/_2$ und 2; Höhere Geodäsie, 4; Geodätisches Seminar, 6; Situations- und Terraindarstellung, 4 und 2. —

Universität Greifswald.

Mie: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalische Übungen für Naturwissenschaftler, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Handfertigkeitsübungen (mit Herweg), 2; Besprechungen neuerer physikalischer Arbeiten (mit Starke), 2 *g*. — **Starke**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 2. — **Herweg**: Spektroskopie mit Experimenten, 2. —

Dimroth: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend (für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker mit Scholtz); Schlußkapitel der anorganischen Chemie, 4 *g*. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. — **Roth**: Physikalische Chemie mit Ausschluß der Elektrochemie und Radioaktivität, 2; Physikalisch-chemische Übungen, $3^1/_2$—$7^1/_2$; Besprechung neuerer Arbeiten und einfacher Aufgaben aus dem Gebiete der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Posner**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2; Besprechungen neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 1 *g*. — **Strecker**: Qualitative Analyse, 2; Spezielle anorganische Chemie I: Metalloide, 2; Chemisches Kolloquium für Mediziner, 2. —

Vahlen: Analytische Mechanik I, 4, Übungen, 1 *g*; Gleichungen fünften Grades, 1 *g*. — **Hausdorff**: Funktionentheorie: Funktionen einer komplexen Variablen, 4, Übungen, 1 *g*; Algebraische Zahlen, 2 *g*. — **Thaer**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung, 2. —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Linsentheorie, Interferenz und Beugung (Ergänzung zur Experimentalphysik II), 2 *g*; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Halbpraktikum, 3, c) Arbeiten von Geübten, tägl. — **Schmidt**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, ganztägig; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Bernstein**: Einführung in die theoretische Maschinenlehre, 1 *g*. — **Wigand**: Neuere Probleme der Wärmelehre: Entropie, Energiequanten, 1; Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 3. — **Thiem**: Photographischer Kursus, 2. —

Vorländer: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Spezielle Kapitel der anorganischen Chemie, 1 *g*; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend, ganz- und halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Schulze), 4. — **Schneidewind**: Agrikulturchemie I: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, Bodenkultur und Düngerlehre, 4; Technologie der Kohlehydrate: Spiritusfabrikation, 1, Zuckerfabrikation, 1 *g*; Exkursionen und Demonstrationen, *g*. — **Schulze**: Darstellung und Prüfung der Arzneimittel II, 2; Die Purinderivate, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend, ganz- und halbtägig. — **Baumert**: Gerichtliche Chemie, 2; Die Chemie im Dienste der Strafrechtspflege, 1 *g*; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 3. — **Erdmann**: Chemische Technologie I: Wärmeerzeugung, Kälteerzeugung, chemische Großindustrie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Praktischer Kursus in Gasanalyse, Heizwertbestimmungen und technischer Analyse, 4. — **Tubandt**: Physikalische Chemie I, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Kleines physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, 6. —

Wangerin: Integralrechnung, mit Übungen, 4; Synthetische Geometrie, 3; Analytische Mechanik II, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Gutzmer**: Anwendung der elliptischen Funktionen, 2; Zahlentheorie, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Eberhard**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*. — **Buchholz**: Theorie der Bahnbestimmung der Himmelskörper: Vorausberechnung von Kometen usw., 1; Störungstheorie, 2. — **Pfeiffer**: Graphische Statik, 4, Übungen, 4 *g*. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Schall, strahlende Energie, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Leithäuser), 4. — **Leithäuser**: Grundzüge der Physik, 3; Praktische Physik, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium (mit Beckmann, Brückmann, Ilmer und Elflein) I, 8, II, nach Verabredung, III, für Maschineningenieure, 8; Elektrotechnisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Heim**: Elektrische Anlagen I: Einzelanlagen (mit Schellbach), 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren: Gleichstrommaschinen, 2, Übungen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2; Elektrische Bahnen I, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger II, 1; Elektrotechnische Meßkunde I 2, 2; Die Wicklungen der elektrischen Maschinen, 1 *g*. — **Brückmann**: Turbogeneratoren, 1 *g*; Elektrotechnisches Seminar, 1. — **Humann**: Elektrische Kabel und ihre Verlegung, 1. —

Seubert: Anorganische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Seybold und Sauermilch), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 3. — **Behrend**: Organische Chemie, 3; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Ingebrigtsen und Nottbohm), tägl. außer Sonnabend. — **Decker**: Organisch-chemische Arbeitsmethoden, 1. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, 2; Allgemeine chemische Technologie, 4, Übungen, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Oertel), tägl. außer Sonnabend. — **Bodenstein**: Physikalische Chemie, 3; Elektrochemische Übungen (mit Braune), 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut (mit Braune), tägl.; Übungen in der Elektroanalyse (mit Braune), 7. — **Jänecke**: Die Salzlagerstätten in physikalisch-chemischer Behandlung, 1. — **Bergius**: Hüttenkunde, 2. —

Kiepert: Höhere Mathematik I (mit Prange), 6, Übungen, 2, Repetition, 1, III, 2; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Einführung in die analytische Geometrie, 2. — **Müller**: Höhere Mathematik II A (mit Prange), 6, Übungen, 2; Geschichte der technischen Mechanik, 2; Mathematisches Praktikum (mit Rothe), 2. — **Rothe**: Grundzüge der höheren Mathematik, 3, Übung, 1; Praktische Mathematik, 2. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Richter und Morin), 3, Übungen, 6, II, 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3. — **Oertel**: Geodäsie I: Praktische Geometrie (mit Petzold), 4, Übungen, 2, II: Ingenieur-Geodäsie, 2, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker), 6; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener im physikalischen und radiologischen Institut (mit Becker und Ramsauer), tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 *g*. — **N. N.**: Wärmetheorie, 3, Übungen, 1 *g*; Kristallphysik, 2. — **Becker**: Radiologie: Kathodenstrahlen und verwandte Erscheinungen mit Demonstrationen, für Mathematiker, Naturwissenschaftler und Mediziner, 2; Überblick über die Theorien der Elektrizität, 1. — **Ramsauer**: Wechselstrom und elektrische Schwingungen mit Demonstrationen, 1. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum für Anfänger und für Vorgeschrittene, 2. —

Curtius: Experimentalchemie II: Organische Verbindungen, Metalle, 6; Chemisches Praktikum für Anfänger und für Geübtere in anorganischer, organischer, physikalischer, analytischer und pharmazeutischer Chemie (mit Jannasch, Knoevenagel, Trautz, Stollé, Ebler, Muckermann und Müller), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig. — **Jannasch**: Gewichtsanalyse, 2; Chemische Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit Ebler), 4; Analytisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel (mit v. Mayer), 5. — **Knoevenagel**: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemie und Technologie der Teerfarbstoffe, 2; Praktische Anwendung organischer Farbstoffe in der Färberei und Druckerei, 4—6 Wochen. — **Trautz**: Praktische Einführung in die physikalische und Elektrochemie, 4—6 Wochen; Physikalische Chemie I: Elektrochemie, Thermochemie, Konstitution der Materie, chemische Gleichgewichte, 3; Einführung in das physikalisch-chemische Praktikum, 1; Photochemie I: Theoretische Grundlagen, 2. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Anfängerpraktikum, halbtägig; Chemisches Praktikum, 4 Wochen. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie II (organisch), 3; Qualitative Analyse, 2; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2. — **Mohr**: Stereochemie, 1. — **Ebler**: Radioaktivität und radioaktive Substanzen, 1; Kolloquium über anorganische und analytische Chemie, 1; Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1. — **Muckermann**: Analytische Methoden offizineller Arzneimittel, 2; Wasser- und Harnanalyse, 2. — **Müller**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. —

Koenigsberger: Analytische Mechanik, 4; Differential- und Integralrechnung II: Differentialgleichungen, Variationsrechnung, 3; Übungen im mathematischen Unter- und Oberseminar, 2. — **Stäckel**: Krumme Linien und Flächen, 4; Einführung in die Integralgleichungen, 2; Mathematisches Unter- und Oberseminar, 2. — **Wolf**: Elemente der Astronomie, 3 *g*. — **Koehler**: Analytische Geometrie des Raumes, 4. — **N. N.**: Differential- und Integralrechnung: Elemente der Analysis, 4; Elliptische Funktionen, 3; Numerisches Rechnen, 2. — **Kopff**: Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung, 1. — **Bopp**: Nichteuklidische Geometrie, 2. —

Universität Innsbruck.

v. Schweidler: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum, 6; Praktische Übungen für Mediziner, 2 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. *g*;

Besprechung neuer Arbeiten aus dem Gebiete der Radioaktivität und Ionentheorie (mit v. Lerch), 1 *g*. — **Tumlirz**: Theoretische Optik, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **v. Lerch**: Physik für Pharmazeuten, 5. — **Tollinger**: Die physikalischen Eigenschaften des Bodens und ihre Beziehungen zum Pflanzenleben, 2. — **Hammerl**: Elektrotechnik I: Gleichstrom: Über elektrostatische und elektromagnetische Maße und Messungen, Elektrolyse, Akkumulatoren und Dynamomaschinen, 2 *g*. — **Exner**: Ausgewählte Kapitel aus der kosmischen Physik, 3; Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf die Erdatmosphäre, 1; Seminaristische Übungen aus Meteorologie, 1 *g*. —

Brunner: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Chemiker und Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig; Chemische Übungen für Mediziner, 6. — **Hopfgartner**: Grundzüge der Photochemie, 2; Maßanalyse, 1; Thermochemie, 1. — **Zehenter**: Einführung in die chemische Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Brennstoffe und des Wassers, sowie der Schwefelsäure- und Soda-Industrie, 2 *g*. —

Gmeiner: Differentialrechnung, 3; Arithmetik, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Vektoranalysis und Ausdehnungslehre, mit Übungen, 5; Mengenlehre, 1; Mathematisches Seminar für Anfänger; Einführung in die Determinantentheorie, 1 *g*. — **Menger**: Darstellende Geometrie, 2 *g*. — **Prey**: Grundlagen der Astronomie, 3; Die Figur der Himmelskörper, 2. —

Universität Jena.

Wien: Experimentalphysik II: Elektrizität und Magnetismus, Optik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Baedeker): a) für Mathematiker und Physiker, 6, b) für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner, 4; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Straubel, Baedeker und Pauli), tägl.; Physikalisches Kolloquium, *g*. — **Auerbach**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Grundzüge der Witterungskunde, 2. — **Straubel**: Theorie der sekundären Abbildung, 1. — **Ambronn**: Einleitung in die Theorie des Mikroskops, 2; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2; Mikrophotographie und Projektion, 1. — **Baedeker**: Experimentalphysik IV: Ergänzung zu Teil II des Hauptkollegs, für Fortgeschrittene: Elektrizität, Optik, 2; Praktikum für Fortgeschrittene, 4. — **Vollmer**: Einführung in die Gleich- und Wechselstromtechnik, 2; Elektrische Meßkunde, 1; Landwirtschaftliche Maschinen I, 1; Elektrotechnisches Praktikum, 3, für Fortgeschrittene, tägl. — **Ritzel**: Ausgewählte Kapitel aus der Geophysik, 1; Photographisches Praktikum, 2; Mineralogisches Praktikum für Landwirte I und II, 2. — **Pauli**: Über Messungen bei tiefen Temperaturen, 1. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum im analytischen Laboratorium (mit Wolff): a) Vollpraktikum, 30, b) Halbpraktikum, 15, c) Mediziner-Vollpraktikum, 6, d) Mediziner-Halbpraktikum, 3; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Schlenk und Schneider), 40. — **Wolff**: Analytische Chemie, 3; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 3, II: Tierernährungslehre, 2; Grundzüge der organischen Chemie für Landwirte, 1; Großes und kleines chemisches Praktikum für Landwirte; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14tägig, 2. — **Vongerichten**: Technologie der Teerfarben und verwandter Industriezweige, 2; Technisch-chemisches Praktikum; Chemischer Kursus für Nationalökonomen, 4; Technisch-chemische Methoden, 4. —. **Matthes**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganische Chemie, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Untersuchung und Darstellung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, tägl.; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl. — **Marc**: Grundlagen der physikalischen Chemie I, 2; Anleitung zum selbständigen Arbeiten auf physikalisch-chemischem Gebiete, tägl.; Physikalisch-chemisches Kolloquium, *g*. — **Schlenk**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2. — **Schneider**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen, 1. —

Thomae: Elliptische Funktionen mit Anwendung, 5. — **Haußner**: Algebra, 4; Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 5; Analytische Geometrie des Raumes, 4, Proseminar, 2 *g*; Mathematisches Seminar, 1. — **Frege**: Analytische Mechanik I, 4; Begriffsschrift, 1 *g*. — **Knopf**: Berechnung des scheinbaren Laufes der Planeten und Kometen, 2; Sphärische Astronomie, 2; Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 1. — **Winkelmann**: Technische Mechanik I, mit Übungen, 5; Mathematische Näherungsmethoden mit numerischen und graphischen Übungen, 3. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Physik, 4, Ergänzende Demonstrationen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Sieveking), 6; Seminar für Experimentalphysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, nach Verabredung. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2; Elektronentheorie, 1. — **Richter**: Dynamobau I, 4; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II, 6, für Vorgeschrittene, einschließlich Hochfrequenzmessungen und drahtloser Telegraphie (mit Schleiermacher, Schwaiger und Hausrath), 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 3; Theoretische Elektrizitätslehre, 3; Elektrotechnisches Laboratorium I, 6. — **Schwaiger**: Elektromotorische Betriebe einschließlich Bahnen, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltanlagen, 2; Schalt- und Regulierapparate, 1; Nichtstationäre elektrische Vorgänge und Hochspannungserscheinungen, 1; Übungen zu diesen vier Vorlesungen, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Übertragung und Verteilung elektrischer Energie, 2, Übungen, 2; Energieversorgung des Landes, 1; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Hallo**: Theorie der Wechselströme II, einschließlich Transformatoren und Induktionsmotoren, 3. — **Hausrath**: Drahtlose Telegraphie, 2; Schwachstromtechnik, 2. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, ferner Darstellung lichtempfindlicher Präparate, 4. — **Schultheiß**: Meteorologie: Klimatologie, 1. —

Engler: Anorganische Experimentalchemie, 4; Organisch-chemisches Kolloquium (mit Franzen), 1; Spezielle Kapitel der allgemeinen Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Bredig**: Physikalische Chemie I, 2; Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs. — **Bunte**: Chemische Technologie I: Zuckerfabrikation, Gärungsgewerbe, Brauerei, Brennerei usw., 2, II: Wasser, Beleuchtungstechnik, 2; Metallurgie, 1; Brennstoffe und industrielle Feuerungen, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), für Chemiker, 4, für Maschineningenieure, 3, für Vorgerücktere, tägl.; Gaschemische Übungen, 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Technologische Exkursionen. — **Franzen**: Organische Chemie II, 2; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Chemie, 1. — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie II und Bau und Betrieb der Akkumulatoren, 2. — **Dieckhoff**: Organisch-pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 2. — **Eitner**:

Methoden der technischen Analyse, 2, Übungen (mit Bunte), 4; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1, Übungen (mit Bunte), 3; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung I, 1, Übungen, 4. — **Fajans**: Radioaktivität und Chemie der Radioelemente, 2. — **N. N.**: Photochemie, 2. — **Koenig**: Analytische Chemie II: Physikalisch-chemische Grundlagen der Analyse, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln sowie Gebrauchsgegenständen, 2. — **Skita**: Chemie der Faserstoffe und Farbstoffe I: Gespinstfasern, Wäscherei und Bleicherei, Färberei und Druckerei, 2, Übungen (mit Lindner), 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Technologie unter Berücksichtigung der neuesten Patentschriften, 1. — **Steinkopf**: Methoden der organischen Chemie, 1; Chemie der heterozyklischen Verbindungen I, 1. — **Übbelohde**: Industrie des Petroleums, der Fette und Harze, 2; Chemie der Gase, 2. —

Disteli: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Fueter**: Höhere Mathematik II, 3; Partielle Differentialgleichungen mit Anwendungen, 2. — **Heun**: Mechanik I, 4. Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 3 *g*. — **Krazer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Haupt**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Arithmetik und Algebra, 2, Übungen, 1; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 1. — **Noether**: Elemente der Mechanik, 3, Übungen, 1; Elastizitätstheorie einschließlich Anwendungen, 2. — **Vogt**: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes I, 2, Übungen, 1; Projektive Geometrie, 2. — **Haid**: Praktische Geometrie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Geodätisches Praktikum I, 2, III, für Geometer und Ingenieure, 3; Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Bürgin**: Katastervermessung II, Feldbereinigung, 2, Übungen, 4; Repetitorium der praktischen Geometrie, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4; Ausarbeitung der großen geodätischen Exkursion, 2. — **Stutz**: Organisation der Katastervermessung, 2, Übungen, 1. —

Universität Kiel.

Dieterici: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum a) für Mediziner und Pharmazeuten, 3, b) für Naturwissenschaftler und Mathematiker, 8, c) für Fortgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Weber, Zahn, Martienssen und Schmidt), 1 *g*. — **Weber**: Elektrodynamik, 4; Absolutes Maßsystem, 1; Theorie physikalischer Meßapparate, mit Übungen, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend. — **Zahn**: Grundzüge der elektromagnetischen Lichttheorie, 1. — **Martienssen**: Einführung in die Elektrotechnik, 2. — **Schmidt**: Einführung in die physikalischen Meßmethoden, mit Experimenten, 2. —

Harries: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum I, anorganische Abteilung (mit Mumm), tägl. außer Sonnabend, II, organische Abteilung (mit Stark), tägl.; Chemische Gesellschaft: Vorträge über neue Arbeiten auf allen Gebieten der Chemie (mit Rügheimer, Feist, Mumm, Preuner und Stark), 2 *g*. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Berend**: Kolloquium der organischen Chemie für Naturwissenschaftler, 1 *g*; Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner, $^3/_4$. — **Stoehr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feist**: Stereochemie, 1; Chemische Technologie, organische Betriebe, mit Exkursionen, 1; Kohlen- und Koksindustrie, Teerdestillation, Farbstoffe (organisch-chemische Großindustrie), für Juristen, Nationalökonomen usw., 1; Organische Experimentalchemie für Zahnärzte, 2. — **Preuner**: Einführung in die physikalische Chemie, 2; Elektroanalytische Übungen, 2 bis 3 Wochen. — **Mumm**: Chemie der Metalle, 3. — **Stark**: Einführung in die Alkaloidchemie, nach Verabredung; Übungen in der praktischen Anwendung von Farbstoffen, 2. —

Pochhammer: Bestimmte Integrale, 4; Analytische Mechanik, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Fehlertheorie und Ausgleichungsrechnung: Methode der kleinsten Quadrate, 3; Differenzenrechnung, 1 *g*. — **Jung**: Integralrechnung, 4; Elliptische und algebraische Funktionen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Kobold**: Theorie der Bahnbestimmung, 2, Übungen, 14tägig, 2 *g*. — **N. N.**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Höhere Algebra, 3. — **Wilkens**: Theorie der Satellitenbewegungen, 1. — **Neuendorff**: Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik II, mit Übungen, 3; Übungen und Vorträge aus der angewandten Mathematik, 1 *g*. —

Universität Königsberg.

Kaufmann: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen für Mathematiker und Physiker, 6; Übungen für Vorgeschrittene und Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Neuere Forschungsergebnisse aus der Wärmelehre, 1; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Volkmann**: Theorie des Lichtes, 4, Ergänzungen und Erläuterungen, 1 *g*; Mathematisch-physikalisches Laboratorium: a) Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6, b) Leitung großer spezieller Arbeiten, ganztägig. — **Hoffmann**: Einführung in die Elektrotechnik, 1. —

Klinger: Allgemeine und anorganische Chemie, 4; Medizinerpraktikum, 2–3 Nachmittage; Übungen im Laboratorium (mit Blochmann und Eisenlohr), tägl. außer Sonnabend; Besprechung neuer Arbeiten (mit Blochmann, Eisenlohr und Sonn), 1 *g*. — **Stutzer**: Technologie der Kohlehydrate: Fabrikation von Zucker, Alkohol, Stärke usw., 2; Fütterungslehre, 2; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Goy), tägl. außer Sonnabend; Ausgewählte Abschnitte aus der Düngerlehre, 1 *g*. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie, 2; Ausmittelung von Giften, 1; Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-wissenschaftliches Kolloquium, 1 *g*. — **Blochmann**: Maßanalyse: Titriermethoden, 2; Technische Chemie: Brennstoffe und Feuerungsanlagen, 1 *g*. — **Goy**: Kurzer Abriß der landwirtschaftlichen Chemie, 2; Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe, 2. — **Sonn**: Über Farbstoffe, 2. — **Eisenlohr**: Einführung in die physikalische Chemie, 2; Repetitorium der Chemie, für Mediziner (mit Rießer), 2; Geschichte der Chemie, 1 *g*. —

Meyer: Analytische Geometrie II, mit Übungen, 4; Einleitung in die Zahlentheorie, 4, Übungen, 1 *g*; Mathematische Gesellschaft, 1 *g*. — **Battermann**: Sphärische Astronomie, 2; Allgemeine Astronomie, 1 *g*. — **Böhm**: Integralrechnung, mit Übungen, 4; Mathematisches Seminar: Lösung von Aufgaben aus der technischen Mechanik, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Mechanik, 2 *g*. — **Kaluza**: Angewandte Mathematik II: Ausgleichungsrechnung, Kollektivmaßlehre, Versicherungswesen usw., nebst einer Einleitung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung, 4; Projektive Geometrie, 2; Vektoranalysis, 2. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Licht, 5, Mathematische Ergänzungen, 1; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Scholl und Füchtbauer), tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Füchtbauer), 3, 6 oder 9, für Mediziner und Pharmazeuten (mit Scholl und Füchtbauer), 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik, 4, Übungen, 1 *g*; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Fredenhagen), tägl. — **Bjerknes**: Statik flüssiger und elastisch fester Körper mit Anwendungen auf die Geophysik, 2; Arbeiten im Geophysikalischen Institut, für Vorgeschrittene (mit Wenger), tägl.

Geophysikalisches Praktikum (mit Wenger), 6; Geophysikalisches Kolloquium (mit Wenger), 1 *g*. — **v. Oettingen**: Geometrisch-perspektivisches Zeichnen, 1 *g*. — **Fischer**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften: Differential- und Integralrechnung, mit Übungen für Mediziner und Naturwissenschaftler, insbesondere für Chemiker, 3; Über die Wirkung der Muskeln, 1; Die Lehre von den Tonempfindungen: Physiologie des Gehörs, der Stimme und Sprache, 2. — **Scholl**: Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, mit Experimenten, 2. — **Marx**: Elektrotechnik, 2. — **Fredenhagen**: Aktuelle Fragen aus den Grenzgebieten der Physik und Chemie, 1 *g*. — **Jaffé**: Theoretische Optik isotroper Medien, 2. — **Lilienfeld**: Erzeugung und Anwendung tiefer Temperaturen, 1 *g*. — **Füchtbauer**: Kinetische Gastheorie, 1. — **Donner**: Handfertigkeitsunterricht, 3. —

Hantzsch: Organische Experimentalchemie, 5, Analytisch-chemisches Praktikum (mit Schaefer), tägl.; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit Schaefer), 6 *g*; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum mit Sterilisierkurs (mit Schaefer), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Schaefer), 6; Organisch-chemisches Vollpraktikum (mit Reddelien), tägl.; Chemisches Vollpraktikum für Fortgeschrittene (mit Stobbe, Rassow, Schaefer und Reddelien), tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie, ausschließlich Elektrochemie, 4; Chemisches Praktikum: Analytische und präparative anorganische und organische Arbeiten (mit Volmer), tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Böttger), tägl.; Photochemisch-photographisches Praktikum (mit Schaum), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs, auch für Mediziner, auf Wunsch Darstellung elektrochemischer Präparate (mit Schall), 4 oder 8; Photochemische Übungen: Spektralanalyse, Photographie, Photometrie, Mikroskopie (nach Auswahl) (mit Schaum), 4; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Schaum, Böttger, Drucker und Volmer), 1½ *g*. — **Paal**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, analytisch-anorganisch und organisch (mit Deussen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl., für Mediziner und Zahnärzte (mit Waentig), 6, für Vorgerücktere (mit Heller, Deussen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.: Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie (mit Deussen und Waentig), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum (mit Deussen und Scheiber), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl.; Übungen im Sterilisieren für Pharmazeuten (mit Deussen), *g*. — **Stobbe**: Die heterozyklischen Verbindungen, mit besonderer Berücksichtigung der Alkaloide und der künstlichen Arzneimittel, 1; Mehrkernige aromatische Verbindungen: Gruppe des Diphenyls, der Polyphenylmethane, des Naphthalins, Anthracens usw., 1. — **Wagner**: Experimentelle Einführung in die Chemie auf physikalischer Grundlage, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche, Analyse und Präparate, tägl., Didaktische Besprechungen: Elektrochemie, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, organische Betriebe: Zucker, Stärke, Gärungsgewerbe, Fette und Öle, mit Exkursionen, 2; Chemisch-technisches Praktikum, nach Verabredung; Ausgewählte Betriebe der chemischen Großindustrie, mit Exkursionen, 2. — **Schaum**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der exakten Naturwissenschaften, 1 *g*; Anleitung zu optischen Demonstrationen, 1. — **Schall**: Ausgewählte Kapitel der elektrochemischen Technik II, 1. — **Böttger**: Analytische Chemie: Ausgewählte Kapitel der Qualitativen, der Maß- und Gewichtsanalyse, unter besonderer Berücksichtigung mikro- und physikalisch-chemischer Methoden, mit Demonstrationen, 2. — **Heller**: Praxis des Farbenchemikers, 1. — **Drucker**: Chemie der extremen Temperaturen, 1. — **Deussen**: Ausgewählte Kapitel der Nahrungsmittelchemie, 1. — **Scheiber**: Arzneimittelprüfung, 2; Repetitorium der Chemie für Chemiker, Pharmazeuten und Naturwissenschaftler (mit Waentig), 2. — **Sieverts**: Chemie der Gase, mit besonderer Berücksichtigung technischer Prozesse und der Gasanalyse, 1; Übungen in der technischen Gasanalyse, 1. — **Ostwald**: Angewandte Kolloidchemie, 2. — **Waentig**: Grundlagen der analytischen Chemie, 1½. — **Schaefer**: Spezielle anorganische Chemie unter Berücksichtigung neuerer Forschungen, mit Demonstrationen, 2; Anwendung optischer Methoden auf chemische Probleme, mit Demonstrationen, 1. — **Reddelien**: Die hydroaromatischen Verbindungen, mit Einschluß der Chemie des Kautschuks und der wichtigsten Riechstoffe, 1. — **Volmer**: Die Bedeutung der Radioaktivität und Elektronik für die Chemie, 1. —

Hölder: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen (mit König), 1 *g*; Partielle Differentialgleichungen, 2. — **Bruns**: Allgemeine Astronomie, 4; Praktische Arbeiten in der Sternwarte, *g*. — **Rohn**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Determinanten, 2. — **Herglotz**: Mechanik, 5; Differentialgeometrie, 3; Einführung in neuere funktionentheoretische Literatur: Konforme Abbildung, Vorträge der Teilnehmer (mit Koebe), 14tägig, 2 *g*. — **Koebe**: Elliptische Funktionen, mit Anwendungen, 5. — **König**: Höhere Algebra, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik II: Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Licht, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Neuere Probleme der theoretischen Physik: Relativitätstheorie, Energiequantentheorie, 2. — **Take**: Interferenz, Polarisation und Kristalloptik, 1. —

Schmidt: Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, und selbständige chemische Arbeiten (mit Keller), im Anschluß: Qualitative Analyse, *g*. — **v. Auwers**: Experimentalchemie II: Organische Chemie für Chemiker und Mediziner, 5; Praktische Übungen in anorganischer, organischer und analytischer Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Fries), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, halbtägig (mit Strecker); Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Strecker), 4; Chemisches Kolloquium (mit Fries), 2 *g*. — **Thiel**: Physikalische Chemie II, 3; Theoretische Übungen über ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl.; Photochemisches und photographisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittene (mit Stuchtey), 2; Demonstrationsübungen für künftige Oberlehrer (mit Fladé), 2. — **Fries**: Chemie der Terpene, 1; Chemische Technologie für künftige Verwaltungsbeamte, 2; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Anorganische Chemie, 1. — **Reißert**: Chemie der organischen Farbstoffe, 1. — **Keller**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Zusammensetzung und Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 2; Prüfung von Arzneimitteln III: Neuere Arzneimittel, 1; Übungen im Sterilisieren, 2. — **Fladé**: Grundlagen der analytischen Chemie, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Thermodynamik, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3. —

Hensel: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Allgemeine Theorie der Kurven und Flächen, 3; Mathematisches Proseminar, 1 *g*. — **Neumann**: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 5; Theorie der Auflösung der algebraischen Gleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **v. Dalwigk**: Mechanik II, 2; Perspektive und Photogrammetrie, mit Übungen, 4. — **Hellinger**: Höhere Funktionentheorie, 4; Integralgleichungen und Gleichungen mit unendlich vielen Unbekannten, 2; Mathematische Übungen für Fortgeschrittene, 14tägig, 2 *g*. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Licht, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.;

Praktische Übungen im Physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 4. — **Sommerfeld**: Mechanik, 4, Übungsaufgaben, 2 *g*; Ausgewählte Fragen der Statistik für Vorgeschrittenere, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Institut für theoretische Physik, tägl. — **Graetz**: Experimentalphysik I: Einleitung, Wärme, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum: a) Übungen in physikalischen Demonstrationen, b) Übungen in physikalischen Messungen, 4; Einleitung in die theoretische Physik I, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus der Physik, nach Verabredung *g*. — **Donle**: Physikalische Maße und Meßmethoden, 2. — **Koch**: Grundzüge der Spektralanalyse (allgemeinverständlich), 1. — **Schmauß**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 4. — **Wagner**: Über die Schwingungsvorgänge auf mechanisch-akustischem und optisch-elektrischem Gebiete mit Experimenten, 1. — **Bidlingmaier**: Einführung in die Lehre vom Potential und den Kugelfunktionen mit ihren Anwendungen in der Geophysik, 3, Übungen, 1 *g*. —

v. Baeyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium (mit Piloty, Vanino, Prandtl in der unorganischen, mit Piloty, Vanino, Dieckmann und Wieland in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium für fortgeschrittenere Mediziner (mit Piloty), ganz- oder halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Piloty und Vanino), 4. — **Paul**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 4; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Anorganische Präparate, $2^1/_4$; Nahrungsmittelchemie I, mit Exkursionen, $1^1/_2$; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektrochemischer und nahrungsmittelchemischer Arbeiten, mit serologisch-chemischen Übungen, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren (die pharmazeutisch-chemischen Übungen mit Heiduschka), tägl. außer Sonnabend; Übungen für praktische Apotheker (mit Heiduschka), nach Verabredung. — **Piloty**: Analytische Chemie I, 3; Elektrolytisches Praktikum, ganztägig. — **N. N.**: Spezielle organische Chemie II: Benzolderivate, 3. — **Prandtl**: Spezielle unorganische Experimentalchemie II: Metalloide und Schwermetalle, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4. — **Dieckmann**: Chemie der Kohlehydrate, 1 *g*. — **Wieland**: Organisch-chemische Technologie, mit Exkursionen, 2. — **Heiduschka**: Harnanalyse, 1; Gerichtliche Chemie I: Ausmittelung von Giften, 2; Galenische Präparate, ihre Darstellung und Prüfung mit Berücksichtigung der modernen maschinellen Hilfsmittel, 1. — **Pummerer**: Geschichte der Chemie seit Lavoisier mit besonderer Berücksichtigung des Valenzproblems, 1. — **Meyer**: Physikalisch-chemisches Praktikum, 4. — **Kalb**: Kolloquium über organische Chemie, 1. —

Lindemann: Differential- und Integralrechnung, 5; Theorie der Kurven und Flächen im Raume: Differentialgeometrie, 4; Über Linien- und Kugelgeometrie, 2; Mathematisches Seminar, $1^1/_2$ *g*. — **v. Seeliger**: Mechanik des Himmels, 4; Astronomisches Kolloquium, 1 Nachmittag *g*. — **Voß**: Algebra, 4; Einleitung in die Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Pringsheim**: Grundlagen der Arithmetik und Analysis: Zahlen- und Reihenlehre, 4; Elliptische Funktionen, 4. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik, 4. — **Hartogs**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 3; Ebene und sphärische Trigonometrie mit Anwendungen, 2. — **Großmann**: Mathematische Geographie, 2. — **Böhm**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Elementare Einführung in die Probleme der Lebensversicherung für Nationalökonomen und Mathematiker, 4, Übungen, 1; Dividendenpläne der Lebensversicherungsgesellschaften, 1. — **Dingler**: Elementarmathematik von höherem Standpunkte, 4, Übungen, 1; Einführung in die Geschichte der Mathematik vom Altertum bis jetzt, 2; Besprechungen über ausgewählte Fragen der Grundlagen der Mathematik, 2. — **Rosenthal**: Synthetische Geometrie, 4, Übungen, 1; Übungen über ausgewählte Fragen der höheren Mathematik, 2. —

Technische Hochschule München.

Zenneck: Experimentalphysik, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Physik, nach Verabredung. — **Fischer**: Grundzüge der Physik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 3; Apparate und Methoden des physikaiischen Unterrichts an Mittelschulen I: Mechanik, Akustik, Wärme, 3; Physikalische Übungen im Aufbau und in der Handhabung von Apparaten, 4; Physikalische Grundlagen der Wechselstromgesetze, 2; Elemente der theoretischen Physik: Mechanik, Hydrodynamik, Elastizität und Wärme, 4. — **Knoblauch**: Ausgewählte Kapitel der technischen Thermodynamik, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik, nach Verabredung. — **Emden**: Erdbeben, 2; Meteorologie und Klimatologie, 2. — **Dieckmann**: Theoretische Telegraphie, 1; Die Meßtechnik der drahtlosen Telegraphie I, 2; Meßpraktikum für drahtlose Telegraphie I, 4. — **von und zu Aufseß**: Astrophysik, 2. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie: Technische Thermodynamik, 2, Übungen, 1. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Lüftung, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, 3; Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, 4; Elektrische Meßtechnik II, 3; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 8. — **Ossanna**: Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen I: Gleichstrommaschinen und Umformer, 3, II: Synchrongeneratoren und Synchronmotoren, 3; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4; Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 8 und 2. — **Kadrnozka**: Bau und Betrieb elektrischer Anlagen I: Verwertung elektrischer Arbeit: a) Elektrische Kraftbetriebe, 2, b) Elektrische Bahnen, 3, II: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit, 2; Übungen: Entwerfen elektrischer Anlagen, 4. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 1, Übungen, 3. —

N. N.: Unorganische Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Chemisches Praktikum im unorganischen und elektrochemischen Laboratorium, 10, 20 oder 30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Lipp**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Rohde**: Heterozyklische Verbindungen II, 1; Chemie der hydroaromatischen Verbindungen, 1. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse II, 2; Theoretische Elektrochemie, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie I, 3; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, 30; Chemisch-technische Übungen: Chemisch-technische Analyse, Färberei, 4. — **Jacob**: Einführung in die Chemisch-technische Analyse, 1. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlenhydrate, 3; Gärungschemisches Praktikum nebst Übungen in der Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 30. —

Burkhardt: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 3; Elliptische Funktionen, 3; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit v. Dyck, Finsterwalder und Liebmann), 2. — **v. Dyck**: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 2; Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1. — **Doehlemann**: Grundzüge der höheren Mathematik I, 4, Übungen, 2; Darstellende Geometrie I, mit Schattenkonstruktionslehre, 5, Übungen, 6; Projektive Geometrie in synthetischer Behandlung, 4, Übungen, 1. — **Liebmann**: Differentialgeometrie, 4, Übungen, 1; Ebene und

sphärische Trigonometrie, 3, Übungen, 1. — **Finsterwalder**: Geometrische Optik mit Anwendung auf die Theorie des Fernrohres und des Mikroskopes, 3; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4. — **Burmester**: Täuschungsarten und Kinematographie mit Demonstrationen, 1. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum I, 2 und 4; Landesvermessung, 4; Katastertechnik I, 3; Praktikum III, 4; Kartierungsübungen, 4. — **Bischoff**: Rechnungsmethoden der K. Bayerischen Katasterverwaltung, 1; Graphisches und mechanisches Rechnen: Rechenschieber, Rechenmaschinen, Planimeter usw., 1. — **Schlötzer**: Anleitung zur rechnerischen Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, Übungen, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik einschließlich der Elemente der graphischen Statik und der analytischen Mechanik II: Graphische Statik, 3, Übungen, 2, III: Festigkeitslehre, 4. —

Universität Münster.

Schmidt: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3 oder 6, für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Konen), 14tägig, 2 *g*. — **Konen**: Theorie der Wärme, 4, Übungen, 1 *g*. —

Salkowski: Anorganische Chemie, 5; Organische Chemie II: Zyklische Verbindungen, 2 *g*; Chemisches Praktikum, für Anfänger (Chemische Analyse) und für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Kaßner und Ley), 6; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Ley), tägl. außer Sonnabend. — **Kaßner**: Organische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Maßanalyse, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen des elektrischen Stromes, 1; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des Deutschen Arzneibuchs, 1; Pharmazeutisch-chemische, maßanalytische und toxikologische Übungen im Laboratorium, Darstellung chemischer Präparate, für Vorgerücktere Bearbeitung selbständiger wissenschaftlicher oder technischer Aufgaben, Gasanalyse, 25. — **Ley**: Einleitung in die physikalische Chemie, 2; Stereochemie, 1; Übungen in Demonstrationsversuchen und in der Anfertigung einfacher Apparate (chemischer Teil), 3. — **Bömer**: Analytische Chemie: Metalle, 1; Herstellung, Zusammensetzung und Verfälschung der Nahrungsmittel, verbunden mit Besichtigungen einschlägiger Betriebe, 2 *g*. — **König**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten und Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Chemie für Fortgeschrittene (mit Bömer), tägl. *g*. —

Killing: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Analytische Mechanik II, 4, Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Analytische Geometrie II, 4; Funktionentheorie, 3; Elemente der Determinantentheorie und der Algebra, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **Timpe**: Partielle Differentialgleichungen, mit Anwendungen, 2; Darstellende Geometrie, mit Berücksichtigung der projektiven Geometrie und der Krümmungstheorie, 4, Übungen, 2 *g*. — **Schewior**: Methoden der Geodäsie, 2; Geographische Ortsbestimmung, 2; Praktische Übungen, 1 *g*. — **Plaßmann**: Sphärische Trigonometrie und Anfangsgründe der sphärischen Astronomie, 2; Zeitrechnung und Kalenderkunde, 2; Übungen im Beobachten und Rechnen, nach Verabredung, *g*; Mathematische Geographie und elementare Astronomie, 2 *g*. —

Akademie Posen.

Spies: Die Lehre vom elektrischen Strom, 2; Elektrische Beleuchtung, 1; Physikalisches Kolloquium, 1; Physikalische Übungen, 3; Übungen für Vorgeschrittene, nach Verabredung. —

Wörner: Chemie der Metalle, 2; Chemische Übungen für Anfänger, 2, für Geübtere, nach Verabredung. —

Kummerow: Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendung auf Fehlerausgleichung, Statistik und Lebensversicherung, 1; Analytische Geometrie des Raumes, 2. — **Könnemann**: Physik der Sonne, der Planeten und ihrer Monde, 1. —

Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik I: Allgemeiner Teil, 5; Physikalisches Praktikum I, 6 u. 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Frank**: Elektrische Licht- und Wärmestrahlung, 4; Molekularphysik, 1; im Seminar für theoretische Physik: Unterstufe: Übungen in der mathematischen Behandlung physikalischer Probleme, 1, Oberstufe: Statistische Mechanik, 2. — **Weiß**: Ionentheorie, 1. — **Spitaler**: Meteorologie III: Hydrometeore, 3; Die Eiszeiten der Erde, 2. —

Meyer: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen, auch für Mediziner, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. *g*; Übungen im Übersetzen fremdsprachiger chemischer Abhandlungen, für Vorgeschrittene, 1 *g*; Übungen in der Ausführung von Vorlesungsexperimenten, 2. — **Rothmund**: Physikalische Chemie I, 4, Mathematische Ergänzungen, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **Kirpal**: Pharmazeutische Chemie, 4. — **Hönigschmid**: Analytische Chemie, 3. — **Herzog**: Ausgewählte Kapitel der Biochemie I, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen biochemischen Arbeiten, tägl. — **Fortner**: Chemie der Nahrungsmittel, mit praktischen Übungen, 3. —

Pick: Elemente der Infinitesimalrechnung, 4, Übungen, 1; im Mathematischen Seminar: Übungen, 2. — **Kowalewski**: Analytische Mechanik mit Übungen, 4; Einführung in die Mengenlehre, 1. — **Weinek**: Sphärische Astronomie I, 3. — **Scheller**: Kometen und Meteore, 1. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Physik: Metrologie, Fundamentalsätze der Mechanik, Mechanik physikalischer Körper, Hydrostatik und Hydrodynamik, Aerostatik und Aerodynamik, Wellenlehre, Akustik, Optik, Wärmelehre, Molekulartheorie, 5, für Kulturingenieure und Geodäten, 3; Physikalisches Praktikum, auch für Lehramtskandidaten, 6. — **Pichl**: Meteorologie und Klimatologie, 3. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 4, Praktische Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 2. —

Hönigschmid: Anorganische Chemie, 4; Analytische Chemie (anorganisch, qualitativ), 2; Übungen im anorganisch-chemischen und analytischen Laboratorium I und II, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, tägl. außer Sonnabend. — **Rabe**: Organische Chemie, 4; Analytische und synthetische Methode der organischen Chemie, 1, Übungen, nach Verabredung; Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Maßanalyse, 1; Physikalische Chemie I: Chemische Statik und Dynamik, 2, IV: Elektrochemie, 3; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum, zugleich Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15. — **Ditz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe I, 6; Übungen im anorganisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe I, 5; Übungen im organisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **v. Gintl**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel und Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsgegenständen, 3, Übungen, 8; Methoden der quantitativen Mineralanalyse, 2; Praktische Metallographie, 2, Übungen, 1 Nachmittag. — **Außerwinkler**: Photographie, 1, Übungen, 4. — **Herzog**: Agrikulturchemie, 3;

Technische Mykologie, 2; Biochemische Arbeitsmethoden, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. — **Siegmund**: Biochemie der Kohlenhydrate und Glukoside, 1; Ausgewählte Kapitel der Chemie für Kulturingenieure, 2. —

Carda: Mathematik I, 6, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik, 6, Übungen, 1; Mathematik für Handelsschullehrer, 3; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Ausgewählte Kapitel der Differential- und Integralrechnung, Lineare Integralgleichungen, 2. — **Blaschke**: Mathematik II, 5, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 4, IIa, 2, IIb, 2; Politische Arithmetik, 2. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 5, Konstruktive Übungen, 8, für Geodäten, 6, Übungen für Vorgeschrittene, 6; Geometrie der Lage, 3, Konstruktive Übungen, 4. — **Grünwald**: Besondere Beziehungen zwischen Strahlengebilden des Raumes und ebenen Punktsystemen, 2. — **Pöschl**: Allgemeine Mechanik, 3 und 6, Repetitorium, 1, Graphische Übungen, 2. — **Gesner**: Enzyklopädie der Mechanik, 3. — **Haerpfer**: Elemente der niederen Geodäsie, 3, Übungen, 2; Theorie der Kartenprojektionen, 1. — **Adamczik**: Praktische Geometrie I: Niedere Geodäsie, $4^1/_2$, Übungen, 2, Geodätischer Kurs, 2, III: Höhere Geodäsie, 3, Übungen, 2; Geodätisches Rechnen I, 2, II, 2. —

Universität Rostock.

Heydweiller: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen: a) für Mathematiker und Naturwissenschaftler, mit Handfertigkeitsunterricht (mit Weber), 2 oder 3 Nachmittage, b) für Mediziner und Pharmazeuten, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1. — **Weber**: Einführung in die theoretische Physik, 3; Thermodynamik, 2; Übungen zur theoretischen Physik, 1; Wissenschaftlich-physikalische Arbeiten, tägl. —

Michaelis: Organische Chemie, 5; Übungen im chemischen Laboratorium: a) Großes Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Kleines Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner, 4, d) Übungen für Nahrungsmittelchemiker (mit Kunckell), 4; Pharmazeutische Präparatenkunde, 2 *g*. — **Stoermer**: Analytische Chemie, 4; Gerichtlich-toxikologische Chemie, 2; Chemie und Technologie der Farbstoffe, mit Praktikum, 3. — **Honcamp**: Agrikulturchemie, 2; Agrikulturchemisches Praktikum, tägl. — **Kümmell**: Chemische Verwandtschaftslehre: Statik, Kinetik, Thermochemie und Photochemie, 4; Kleines physikochemisches Praktikum, 4; Physikochemisches Vollpraktikum: Leitung selbständiger Arbeiten, tägl.; Einführung in die Aerologie, mit Übungen, 4. — **Kunckell**: Maßanalytische Bestimmungen des Arzneibuches, 1; Examinatorium der Chemie für Pharmazeuten, 3. —

Staude: Algebra, 4; Theorie der Kurven und Flächen: Anwendung der Differentialgleichung auf Geometrie, 4; Mathematisches Seminar, 2. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 13; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium (mit Cohn), 2 *g*. — **Cohn**: Theorie des Lichtes, 3; Grundlagen der Elastizitätslehre, 1; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — **Mandelstam**: Telegraphen- und Fernsprechtechnik, Schaltungen und Apparate, 3; Praktische Übungen aus der Telegraphen- und Fernsprechtechnik, 3. — **Papalexi**: Neuere physikalische Forschungen (ausgewählte Kapitel), mit Demonstrationen, 1. — **Hergesell**: Über Luftwiderstand mit Bezugnahme auf die Flugtechnik, 1. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, anorganischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Wedekind und Straus), tägl. außer Sonnabend, in der anorganischen Abteilung auch halbtägig; Kolloquium über neuere chemische Literatur (mit Wedekind und Straus), 1 4tägig, 1 Nachmittag *g*; Chemisches Kolloquium für Anfänger, mit besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse der Lehramtskandidaten, 1 4tägig, 1 Nachmittag *g*. — **Rose**: Chemische Technologie der Metalloide, 3; Die Untersuchung und Reinigung des Wassers, 1 *g*. — **Wedekind**: Analytische Chemie I, $2^1/_4$; Die seltenen Elemente, mit besonderer Berücksichtigung der Erden und Erdsäuren, 1; Stereochemie und Theorie der Komplexverbindungen, 1; Physikochemisches und elektrochemisches Praktikum, 4. — **Straus**: Die Teerfarbstoffe und ihre Anwendung in der Färberei II, $1^3/_4$; Organische Reaktionen in ihrem Zusammenhang (die Karbonylgruppe), $1^1/_2$; Praktikum über die Anwendung der Teerfarbstoffe, nach Verabredung. — **N. N.**: Pharmakognosie, 4; Pharmakognostische Demonstrationen, 1 *g*; Grundzüge der physiologischen Chemie, für Pharmazeuten, 2; Übungen und Untersuchungen im pharmazeutischen Institut, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Rosenthaler), tägl. außer Sonnabend; Pharmakognostisch-mikroskopisches Praktikum I (mit Rosenthaler), 3, II, 2—3. — **Rosenthaler**: Harnuntersuchung (Vorlesung und Praktikum), 3. — **Kreutz**: Die Industrie des Zuckers, des Kakaos, des Kaffees und seiner Ersatzmittel, mit Exkursionen, 1. — **Ruggli**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, $1^3/_4$. —

Faber: Differential- und Integralrechnung, 4. — **Schur**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Differentialgeometrie, 2; Seminar: Geometrische Übungen, $1^1/_2$ *g*. — **Simon**: Geschichte der Mathematik im Altertum, 3. — **Wellstein**: Einleitung in die Funktionentheorie und Theorie der elliptischen Funktionen, 4. — **v. Mises**: Technische Mechanik I: Festigkeitslehre und graphische Statik, 4; Graphisch-numerische Integrationsmethoden, 2; Seminaristische Übungen in angewandter Mathematik: Darstellende Geometrie, $1^1/_2$. — **Epstein**: Determinanten und Invarianten, 3. — **Speiser**: Fouriersche Reihen, 2. — **Bauschinger**: Sphärische und praktische Astronomie, 4; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, nach Verabredung. — **Wirtz**: Photometrie der Gestirne, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

v. Koch: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Elektrostatik, Magnetismus. Elektrokinematik, 4; Theoretische Physik, mit mathematischen Ergänzungen zur Experimentalphysik, 2; Übungen im physikalischen Institut (mit Maier): a) Physikalisches Praktikum, halbtägig, tägl. außer Sonnabend, b) Anleitung zu physikalisch-wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Handfertigkeits-Praktikum in Physik, für Vorgeschrittene, 2—3; Physikalisches Kolloquium, 2; Meteorologie, ausgewählte Kapitel, 1. — **Veesenmeyer**: Grundlagen der Elektrotechnik: Konstruktionen und Anlagen, 2, Übungen, 1; Elektrotechnische Konstruktionselemente, 1; Dynamobau I, Seminar, 1, Übungen, 6, II, 2; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen, Übungen, 8; Elektrische Betriebe: Elektrische Bahnen und Fahrzeuge, 2; Projektieren elektrischer Anlagen, Übungen, 4; Übungen in elektrischen Konstruktionen und Anlagen für Maschineningenieure, 4. — **Emde**: Grundlagen der Elektrotechnik: Beschreibung des elektromagnetischen Feldes, 2, Übungen, 1; Wechselstromtechnik I, 3, Übungen (mit Spielrein), 8, II, 2, Übungen (mit Spielrein), 4. — **Herrmann**: Elektrische Meßinstrumente und Meßmethoden I, 1, Übungen (mit Braun), 8, II, 1, Übungen (mit Braun), 4; Schwachstromtechnik I, 3, Übungen (mit Braun), 4; Grundzüge der Elektrotechnik für Bauingenieure, 2. —

v. Hell: Unorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 5; Übungen im Laboratorium für reine und pharmazeutische Chemie (mit Kauffmann, Schmidt und Bauer). — **Gutbier**: Elektrochemie, für Chemiker und Elektroingenieure, 2; Technische Chemie, 2; Analytische

Chemie auf physikochemischer Grundlage, 1; Übungen im Laboratorium für Elektrochemie und Technische Chemie (mit Sauer). — **Häußermann**: Chemische Technologie der Brenn- und Leuchtstoffe, 2. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie, unorganischer Teil, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 2; Übungen der organischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Kauffmann**: Farbenchemie unter besonderem Eingehen auf die Chemie mehrkerniger Benzolderivate, 2; Radioaktivität und Elektronik, 1. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Einführung in die Stöchiometrie, 1; Chemisches Seminar, 2. — **Brunner**: Photographie, 1. — **Bauer**: Die chemische Untersuchung des Harns, mit Übungen, 2; Stereochemie, 1. —

Kutta: Höhere Mathematik II, mit Übungen, 8; Mathematisches Seminar, 2. — **Mehmke**: Mathematisches Seminar, 1; Darstellende Geometrie (mit Stübler), 3, Übungen, 4; Graphisches Rechnen (mit Stübler), 1, Übungen, 2; Vektoren- und Punktrechnung (mit Stübler), 3, Übungen, 1. — **Wölfling**: Funktionentheorie, 3. — **Stübler**: Niedere Analysis, 4; Elemente der Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, 4. — **Haller**: Ebene und sphärische Trigonometrie, 2; Trigonometrische Übungen, 2 und 1. — **Kommerell**: Die Grundlagen der Geometrie, 2. — **Roth**: Schattenkonstruktionen und Beleuchtungskunde, 4. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 2; Übungen in technischer Mechanik II, 2. — **v. Weyrauch**: Mechanische Wärmetheorie, 4. — **Heer**: Plan- und Geländezeichnen, 4. — **v. Hammer**: Ausarbeitung der geodätischen Aufnahmen, 2; Geodätische Übungen, 4; Praktische Geometrie (Vermessungskunde) I, 3, Übungen, 6; Kartenprojektionen für kartographische und geodätische Zwecke, 1, Übungen, 1; Grundzüge der höheren Geodäsie, 2; Barometrische Höhenmessung, mit Übungen, 1. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik, 5; Physikalische Anfänger-Übungen, 4; Physikalische Übungen für Fortgeschrittene, halbtägig; Selbständige wissenschaftliche Untersuchungen, ganztägig. — **Meyer**: Theorie der Elektrizität, 3; Übungen im Seminar, 1. — **Happel**: Partielle Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 2; Einführung in die Variationsrechnung, 1. —

Wislicenus: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5, Ergänzungen, 1; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl.: a) analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow), b) chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Weinland), c) Präparative Arbeiten (mit Kliegl), d) Physikalisch-chemische Übungen (mit Magnus), e) Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der physikalischen Chemie (mit Bülow, Weinland, Kliegl und Magnus), f) Abgekürztes chemisches Praktikum für Nichtchemiker (mit Bülow). — **Thierfelder**: Organische Chemie für Mediziner, 4; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger: a) I: Qualitative Analyse, 6, b) II: Quantitative Analyse und physiologisch-chemische Übungen, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, ganz- oder halbtägig. — **Bülow**: Analytische Chemie I, mit besonderer Berücksichtigung der praktischen Arbeiten im chemischen Laboratorium, 3; Ausgewählte Kapitel der allgemeinen chemischen Technologie, 1. — **Weinland**: Maßanalyse, 1; Chemische Arzneistoffe I, anorganischer Teil, 2; Chemie der Nahrungsmittel, 1. — **Kliegl**: Kolloquium über anorganische Chemie, 1; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Magnus**: Allgemeine physikalische Chemie, 2; Gasanalytisches Praktikum (mit Wislicenus), 2. —

v. Brill: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Theorie der algebraischen Kurven, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Analysis II, 4; Höhere Algebra, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Perron**: Darstellende Geometrie, 3; Niedere Analysis, 4; Seminar, 3. —

Universität Wien.

Lecher: Experimentalphysik für Lehramtskandidaten und Mediziner, 5; Physikalische Demonstrationen für Mittelschulen (Physikalisches Praktikum), 6; Anleitung für wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Exner**: Allgemeine Physik als Grundlage der Naturwissenschaften, 3, Ergänzungen, speziell für Pharmazeuten, 2; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, sowie für Chemiker und Naturhistoriker, 6; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Hasenöhrl**: Mechanik, 5; Kinetische Gastheorie, 2; Proseminar für theoretische Physik, 1 *g*; Seminar für theoretische Physik, 1 *g*; Besprechung neuer Arbeiten über theoretische Physik (mit Ehrenhaft und Nabl), 1. — **Meyer**: Radioaktivität, 3. — **Ehrenhaft**: Grundzüge der Mechanik unter besonderer Berücksichtigung der Vektorrechnung, Thermodynamik, 5; Theoretisches und Experimentelles aus der Physik der Kolloide, 1. — **Haschek**: Optik, 5. — **Kohl**: Theorie des thermodynamischen Potentials und seine Anwendungen, 2. — **Przibram**: Einführung in die Atomistik der Materie und der Elektrizität, 1. — **Nabl**: Geometrische Optik, 3. — **Kohlrausch**: Atmosphärische Elektrizität, 2. — **Haas**: Die Prinzipe der theoretischen Physik, dargestellt auf Grund der geschichtlichen Entwicklung I: Mechanik, 1; Die klassischen Werke der Mechanik von Archimedes bis Heinrich Hertz, 1. — **Defant**: Zyklonen und Antizyklonen, Beobachtungstatsachen und Theorien, 1. — **Hinterberger**: Photographisches Praktikum, 6 Wochen *g*; Praktischer Kurs über Mikrophotographie, 20 *g*. —

Wegscheider: Chemische Übungen für Anfänger, für Philosophen und Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend; Arbeiten im I. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene (mit Wenzel und Pollak), tägl. — **Goldschmiedt**: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Übungen für Anfänger und Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, tägl. — **Herzig**: Chemie der Benzolderivate, 5; Übungen aus pharmazeutischer Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Schacherl**: Ausgewählte Kapitel der Chemie und Technologie der Nahrungsmittel, 2. — **Franke**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Analytische Chemie (im Anschluß an die chemischen Übungen für Mediziner), 1. — **Pollak**: Chemische Technologie: Organische Farbstoffe und ihre Anwendungen, mit Exkursionen, 3; Färberei-chemische Übungen, 5. — **Wenzel**: Chemische Technologie: Brennstoffe und Silikate, 3. — **M. Kohn**: Die organische Synthese, 1. — **Abel**: Elektrolyse, 1; Physikalisch-chemisches Konversatorium, 1. — **Moßler**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Pflanzeninhaltsstoffe, 1; Harnanalyse mit Mikroskopie des Sedimentes, 6 Wochen. — **Kailan**: Einführung in die Chemie und Technologie der Fette, 1. — **Zellner**: Methoden der chemischen Pflanzenanalyse, 2. —

v. Escherich: Funktionentheorie, 4, Übungen (mit Groß), 1; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*; Elementarmathematik, 1 *g*. — **Wirtinger**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar: Übungen zur Elementarmathematik, 1 *g*. — **Mack**: Seminar: Kurs über darstellende Geometrie, 3. — **Furtwängler**: Zahlentheorie, 4; Gruppentheorie, 1; Proseminar, 1 *g*; Seminar, 2 *g*; Elementarmathematik, 1 *g*. — **G. Kohn**: Analytische Geometrie, 4, Übungen, *g*; Invariantentheorie mit geometrischen Anwendungen, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 4; Mathematische Statistik I, 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik I, 3. — **Hanni**: Arithmetik und Analysis der Vektoren und Quaternionen, 2. — **Roth**: Der Integralbegriff und seine Verallgemeinerungen, 2. — **Oppenheim**: Theorie der Gleichgewichtsfiguren und der

Gestalt der Himmelskörper, 3, Übungen, 1 *g*; Einleitung in die höhere Geodäsie, 2, Übungen, 1 *g*. — **Ebert**: Theoretische Astronomie, 3. —

Technische Hochschule Wien.

Jäger: Physik, 3; Ausgewählte Kapitel der Physik, 2; Optik für Geodäten, 2. — **Mache**: Physik, 5. — **Liznar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie, 2. — **Knoller**: Luftschiffahrt und Automobilwesen, 3. — **Sahulka**: Elektrotechnik, 4½, Praktische Übungen I (mit Reithoffer), 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Reithoffer**: Enzyklopädie der Elektrotechnik, 2; Elektrische Schwingungen und Wellen, 2. — **Pichelmayer**: Dynamobau, 5½, Konstruktionsübungen, 6; Elektrotechnik, Praktische Übungen II, 4. — **Hochenegg**: Elektrische Arbeitsübertragung, 3; Bau und Betrieb elektrischer Anlagen, einschließlich Stromverteilung, 2, Übungen, 4. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. — **Zelisko**: Die Fernsprechtechnik, 2. —

Bamberger: Allgemeine Experimentalchemie: Anorganische Chemie, 6, Übungen, tägl. — **Suida**: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie II, 4; Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 4; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, tägl. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, tägl. — **Moser**: Qualitative chemische Analyse, 2. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie II, 2; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, tägl. außer Sonnabend; Technische Feuerungen, 5. — **Praetorius**: Physikalisch-chemisches Messen und Rechnen, 1. — **Böck**: Arbeitsmethoden in der organischen Chemie, 2. — **Paweck**: Technische Elektrochemie, 3. — **Abel**: Kolloidchemie, 2. — **Klimont**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen und Terpene, 2. — **Ulzer**: Technische Analyse organischer Stoffe, 2. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Lafar**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Mikrobiologische Untersuchung des Wassers, der Nahrungs- und Genußmittel, 3. — **Strunz**: Geschichte der Naturwissenschaften und der Naturbetrachtung in der Renaissance und Neuzeit I, 2, Übungen, 2; Geschichte der Chemie und Alchemie, 2. — **v. Schrott**: Die Verfahren und Maschinen der graphischen Künste und Industrien, 1. — **Strache**: Beleuchtungsindustrie, 2; Übungen im Laboratorium für Gasbeleuchtung, 4. — **Erban**: Chemische Textilindustrie I, 2. — **Ruß**: Neuere Verfahren der anorganisch-chemischen Großindustrie, 1½. —

Zsigmondy: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Rothe**: Mathematik I, 5; Einführung in die Graßmannsche Ausdehnungslehre und in die Hamiltonschen Quaternionen, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 5, Korrepetitionen, nach Verabredung; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **Suppantschitsch**: Elemente der höheren Mathematik, 4, Übungen, 1. — **N. N.**: Enzyklopädie der Mathematik, 3. — **Reich**: Ausgewählte Kapitel aus der höheren Algebra, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 2. — **Förster**: Politische Arithmetik, 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 5, Konstruktionsübungen, 6; Zyklographie, 2, Konstruktionsübungen, 2; Seminar für darstellende Geometrie, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie I, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Wieghardt**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, 5, Übungen, nach Verabredung. — **Jung**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, 5, Übungen, 2; Theoretische Hydrodynamik, 2. — **Kirsch**: Mechanik II: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 5. — **Girtler**: Enzyklopädie der Mechanik, 5; Theorie und Anwendung des Kreisels, 3. — **Leon**: Ausgewählte Kapitel der Festigkeitslehre und Materialprüfung, 1½. — **Pollack**: Elemente der niederen Geodäsie, 4. — **Dolezal**: Niedere Geodäsie, 7½, Übungen, 5; Geodätisches Seminar, 2; Photographische Meßkunst: Photogrammetrie, 1½, Übungen, 2. — **Dokulil**: Übungen zur niederen Geodäsie, 5; Geodätisches Zeichnen: Situationszeichnen, 4; Technik des Katasterwesens, 2; Technische Terrainlehre, 1½; Geodätische Rechenübungen, 2½. — **Schumann**: Höhere Geodäsie, 2; Ausgewählte Kapitel aus höherer Geodäsie, 1; Übungen im Beobachten und Rechnen, 3. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, 5; Praktische Übungen, 4 bzw. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen für Pharmazeuten und Mediziner, 4. — **Cantor**: Elektrizität und Magnetismus I, 4. — **Harms**: Ausgewählte Kapitel der theoretischen Physik, 2. — **v. Halban**: Die radioaktiven Elemente und ihre Umwandlungen, 1. — **Rau**: Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie (Experimentalvortrag), 1; Theorie der elektromagnetischen Schwingungen, 1. —

Buchner: Experimentalchemie I: Unorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Emmert), 6; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit v. Halban), 8; Kolloquium (mit Manchot, Emmert, v. Halban und Langheld), 14tägig, 1½ *g*. — **Medicus**: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Kurs technisch-chemischer Analysen, 2 halbe Tage; Praktikum der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, ganz- oder halbtägig. — **Manchot**: Analytische Chemie: Ergänzung des analytisch-chemischen Praktikums, 3. — **Pauly**: Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl.; Besprechung von Tagesfragen der praktischen Chemie, 1 *g*. — **Emmert**: Stereochemie, 1. — **Langheld**: Benzolchemie mit Experimenten, 2. —

Rost: Differentialrechnung mit Einleitung in die höhere Analysis, 4, Übungen, 2; Invariantentheorie, 4; Astronomisches Praktikum für Fortgeschrittene, 4 *g*; Kombinatorik und Determinantentheorie, 2; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Einführung in die höhere Mathematik, für Versicherungstechniker, 2 *g*. — **v. Weber**: Reihenlehre und Elemente der Funktionentheorie, 4; Differentialgeometrie I: Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf die Theorie der Raumkurven und Flächen, 4; Synthetische Raumgeometrie und Einführung in die Liniengeometrie, 2, Übungen, 1½ *g*. — **Hilb**: Analytische Geometrie, 4; Bestimmte Integrale, 4; Darstellende Geometrie, 2. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, ½ Tag, für Vorgerücktere (mit Laue), tägl. — **Laue**: Thermodynamik, 4, Übungen, 1 *g*; Strahlungstheorie, 2. — **Greinacher**: Die Elektrizität in Gasen, mit Experimenten, 1. — **Ratnowsky**: Vektoranalysis nebst Anwendungen, 2; Elektronentheorie der Metalle, 2. —

Werner: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisch-analytisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum für Naturwissenschaftler, halbtägig. — **Abeljanz**: Qualitative chemische Analyse, 2; Anleitung zu chemischen Arbeiten, für Mediziner, 1; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Naturwissenschaftler, 3 Tage, für Lehramtskandidaten, 6; Übungen im Untersuchen von Lebensmitteln, 4 oder 8. —

Pfeiffer: Aromatische Chemie I, 3; Stereochemie, 2; Chemische Statik und Kinetik, ausgewählte Kapitel, 1. — **Jantsch**: Nitride, Carbide und analoge Verbindungen, 1. — **Reichinstein**: Allgemeine Elektrochemie, 2. — **Baudisch**: Probleme und Tagesfragen der physiologischen und pathologischen Chemie, 1; Pflanzenchemie II, 1. —

Zermelo: Differential- und Integralrechnung I, 4; Fouriersche und verwandte Entwicklungen, 2; Grundlagen der Arithmetik, 2; Mathematische Übungen für Vorgerücktere, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie I, mit Übungen, 4; Analytische Geometrie I, mit Übungen, 4; Mathematische Geographie, 2. — **Gubler**: Algebraische Analysis, 2; Sphärische Trigonometrie, 1. — **Bernays**: Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen, 4; Mathematische Übungen für Anfänger, 2. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Planeten- und Kometenbahnbestimmungen, 2. — **de Quervain**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Geographie und Meteorologie, 1; Geographisches Seminar (mit Wehrli), 2 *g*. —

Technische Hochschule Zürich.

Weiß: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schweitzer), 4 und 8; Wissenschaftliche Arbeiten im physikalischen Institut (mit Einstein), 8, 12 und 24. — **Schweitzer**: Physik I, 3, Repetitorium, 1; Optik, 2; Experimentalphysik II, 4, Repetitorium, 1, Theoretische Ergänzungen, 1. — **Einstein**: Elektrizität und Magnetismus, 4; Strahlenoptik und Beugung, 1; Physikalisches Seminar, 2. — **Cherbuliez**: Geschichte der Physik im 19. Jahrhundert II, 2; Leonhard Euler und Daniel Bernoulli als Physiker, 1. — **de Quervain**: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Geographie und Meteorologie, 1. — **Kuhlmann**: Theoretische Elektrotechnik II, 4, III, 4; Meßkunde, 1; Elektrotechnisches Laboratorium I, 8, II, 8; Elektrotechnische Konstruktionsübungen: Wechselstrom, 6. — **Farny**: Elektrische Maschinen I, 3, Repetitorium, 1, Konstruktionsübungen: Gleichstrom, 3; Übungen im elektrischen Laboratorium, 3. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Schwachstromtechnik I, 1. — **Wyßling**: Elektrische Anlagen I, 3; Konstruktionsübungen in elektrischen Anlagen, 3. — **Barbieri**: Photographie I, 2; Photographisches Praktikum, 2; Militärphotographische Übungen im Terrain, ½ Tag. —

Treadwell: Analytische Chemie I, 2, Repetitorium, 1; Gasanalyse, mit Übungen, 1; Chemie, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16 bzw. 10; Analytisch-chemisches Praktikum, 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Baur**: Physikalische Chemie II, 2, Repetitorium, 1; Allgemeine Elektrochemie, 2, Repetitorium, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 8; Elektrochemisches Praktikum, 4; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, für Vorgerücktere, tägl. — **Boßhard**: Anorganische chemische Technologie I: Wasser, Salze, Säuren, 4, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Wärme und der Brennstoffe, 2, Repetitorium, 1; Metallurgie, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Cérésole**: Organische Technologie I; Bleicherei, Färberei, Farbstoffe, 4, Repetitorium 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Constam**: Brennstoffe, 1. — **Emil Ott**: Licht- und Wärmeerzeugung, 1. — **Erwin Ott**: Heterozyklische Verbindungen, 2. — **Staudinger**: Anorganische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16 bzw. 10; Analytisch-chemisches Praktikum, 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Trier**: Chemie und Biochemie der natürlichen Farbstoffe, 1 *g*; Die Grenzen der chemischen Synthese, 1 *g*. — **Wiegner**: Bodenkunde, 2; Agrikulturchemie I: Bodenkunde und allgemeine Düngerlehre, 3; Landwirtschaftlich-chemische Technologie: Zucker- und Spiritusfabrikation, 2; Chemie der Milch und Milchprodukte, 1; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 8 und 16; Agrikulturchemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Wintersteín**: Anorganische Chemie, 4, Repetitorium, 1; Untersuchung landwirtschaftlich wichtiger Produkte, 1; Alkaloide, 1; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 8 und 16; Agrikulturchemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. —

Hurwitz: Algebraische Gleichungen, 4; Mathematisches Seminar (mit Weyl), 2. — **Amberg**: Mathematik der Pensionsversicherung, 2. — **Baeschlin**: Vermessungskunde II, 4, Repetitorium, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Vermessungskunde, 3, Übungen, 2, Repetitorium, 1; Geodätisches Praktikum, 2; Höhere Geodäsie, 3, Repetitorium, 1; Diplomarbeiten. — **Beyel**: Rechenschieber mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2; Projektive Geometrie, 1; Perspektive: Theorie, 1. — **Brandenberger**: Einführung in den mathematischen Unterricht I, 2. — **Burger**: Graphische Vervielfältigung, 2. — **Dumas**: Algebraische Funktionen von zwei unabhängigen Variabeln (diverse Fragen), 1; Graphische Verfahren zur Vereinfachung des Rechnens. Nomographie, 1, Übungen, 1. — **Franel**: Höhere Mathematik I, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Großmann**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Projektive Geometrie, 4. — **Hirsch**: Höhere Mathematik I, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Keller**: Mathematik, 4; Vollständige Theorie der Zentralprojektion mit Anwendung auf Kollineation und praktische Perspektive, 2. — **Kienast**: Anwendungen der Theorie der Funktionen komplexer Variabeln, 2. — **Kollros**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 4; Geometrie der Lage, 3. — **Kraft**: Ausdehnungslehre III: Graßmann, 1; Vektoranalysis I (Einführung), 3, II, 3, IV, 3, V, 2. — **Meißner**: Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Festigkeitslehre: Krumme Stäbe u. a., 2. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2. — **Zwicky**: Planzeichnen, 3; Technisches Rechnen, 1; Flächenrechnen mit Übungen, 2; Mechanik, 3, Übungen, 2; Erd- und Straßenbau, 3, Übungen, 2; Kulturtechnik I, 2, Konstruktionsübungen, 2; Diplomarbeiten. —

Gesuche.

Physiker, Dr. phil.

sucht Assistentenstellung an Hochschule oder technischem Laboratorium. Off. an die Exped. dieser Zeitschrift unter **S. H. 404** erbeten.

Dr. phil., Physiker,

mit langjähriger, erfolgreicher wissenschaftlicher Tätigkeit an erstem Forschungsinstitut sucht angemessene Position in wissenschaftlichem Institut. Offerten unter **S. H. 405** durch die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. Hans Busch in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.